ББК 32.884.19
В80

Составитель Б. С. Иванов

Рецензент — кандидат технических наук В. Т. Поляков

В помощь радиолюбителю: Сборник. Вып. 96 /
В80 Сост. Б. С. Иванов.— М. : ДОСААФ, 1987.— 80 с., ил.

30 к.

Приведены описания конструкций, принципиальные схемы и методика расчета их некоторых узлов. Учтены интересы начинающих и квалифицированных радиолюбителей.

Для широкого круга радиолюбителей.

В $\frac{2402020000-018}{072(02)-87}$ 14—87

ББК 32.884.19
6Ф2.9

АППАРАТУРА ДЛЯ РАДИОСПОРТА

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАДИОПРИЕМНИКА Р250М

К. Хачатуров (UW3AA)

Радиоприемник Р250М пользуется популярностью у радиоспортсменов, поскольку он обладает неплохими параметрами. Но, к сожалению, некоторые характеристики приемника не удается реализовать в условиях современной загруженности эфира из-за низкого динамического диапазона. Проведя ряд доработок, можно не только повысить динамический диапазон по интермодуляции 3-го порядка с 50 до 75...85 дБ, а также по «забитию» до 110...115 дБ, но улучшить избирательность по соседнему каналу, добиться чувствительности 0,2... 0,4 мкВ вместо 0,5...0,6 мкВ. Достигается это снижением усиления до фильтра основной селекции, улучшением характеристик смесителей, применением во втором УПЧ электромеханических фильтров.

Доработке подвергаются цепи накала ламп, каскады УВЧ, смесители, гетеродин, тракт второго УПЧ, АРУ, третий гетеродин, фильтр УНЧ. Кроме того, выводятся сигналы первого и второго гетеродинов, а один из поддиапазонов приемника перестраивается на любительский диапазон 10 м.

Несмотря на обилие узлов, подвергающихся переделке, работа несложная и не требует дефицитных деталей, за исключением электромеханических фильтров (ЭМФ). Чтобы доработка прошла успешнее, описание переделок приведено раздельно по перечисленным цепям и узлам. Позиционные обозначения деталей приведены в соответствии с обозначениями на схеме приемника, в описании и инструкции, обычно прилагаемых к приемнику.

Цепи накала ламп

Как известно, напряжение накальных цепей приемника составляет 12,6 В, поэтому применено последовательное соединение нитей накала каждой пары ламп, кроме лампы калибратора,— она питается через гасящий резистор. Подобное включение ламп не совсем удобно, поскольку радиолюбители нередко заменяют лампы более современными, но отличающимися по току накала. Поэтому желательно перевести приемник на питание напряжением 6,3 В и избавиться от последовательного соединения ламп.

Для этого нужно проделать следующее. На каждой ламповой панели один из штырьков накала соединить с общим выводом (корпусом приемника), а другой — с проводом накальной цепи. В блоке питания перепаять провод, подходящий к выводу *11* трансформатора, на вывод средней точки накальной обмотки, а вывод *11* соединить дополнительным проводом с контактом *2* разъема питания *22*. В кожухе приемника соединить проводником вывод *2* разъема питания *682* с выводом *10* переходной колодки *690*. В нижнем блоке приемника отпаять вывод дросселя *395* от дросселя *672* и конденсатора *399* и подпаять его к выводу *10* колодки *390*.

Каскады УВЧ

Основными требованиями, предъявляемыми к УВЧ радиоприемников, являются малый коэффициент шума и высокая линейность. Применение в приемнике Р250М двухкаскадного УВЧ с высоким коэффициентом усиления позволяет получить требуемую чувствительность, но значительно снижает динамический диапазон приемника. Существенно повысить линейность, сохранив при этом коэффициент шума, можно применением в УВЧ одного каскада усиления с неполным включением контура в сеточную цепь лампы.

УВЧ дорабатывают в такой последовательности. В первом каскаде вынимают лампу 6Ж4 *(16)* и удаляют проводник, соединяющий штырек *8* панели лампы с ламелью *1* контуров первого УВЧ барабана. Удаляют провод, соединяющий резистор *504* с разрядником *19*. Между точкой соединения разрядника с конденсатором *18*

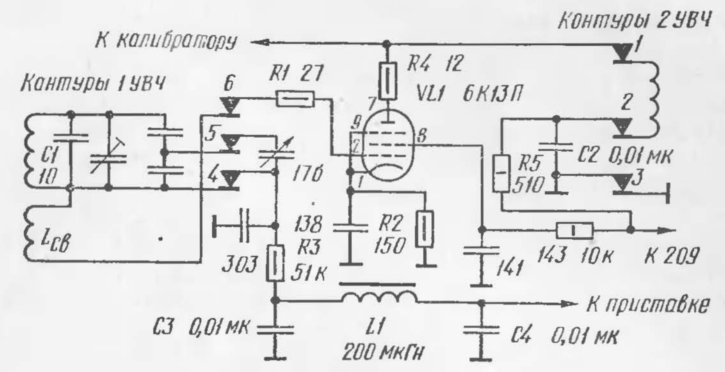


Рис. 1. Схема второго каскада УВЧ

и ламелью *1* контуров первого УВЧ барабана впаивают конденсатор емкостью 10 пФ. Удаляют входной симметрирующий трансформатор, а подходившие к его первичной обмотке проводники подключают к ламелям *1* и *2* входных контуров барабана.

Во втором каскаде УВЧ вместо лампы 6К3 *(139)* устанавливают 6К13П. Здесь сначала заменяют восьмиштырьковую ламповую панель на девятиштырьковую. В анодной цепи лампы между ножкой *7* и ламелью *1* контуров второго УВЧ барабана впаивают резистор *R4* сопротивлением 12...15 Ом (рис. 1), а в катодной цепи устанавливают резистор *R2* сопротивлением 120...150 Ом вместо резистора *137* сопротивлением 270 Ом. Ножку *2* панельки (управляющая сетка лампы) соединяют через резистор сопротивлением 27...33 Ом с ламелью *6* контуров первого УВЧ барабана. Ламель *2* контуров второго УВЧ барабана отсоединяют от вывода экранной сетки и подключают через резистор *R5* к выводу резистора *143*, соединенного с переключателем *209*. Между ламелями *2* и *3* контуров второго УВЧ барабана впаивают конденсатор емкостью 0,01 мкФ.

В каждой вставке контуров первого УВЧ барабана отпаивают от контакта *6* выводы всех деталей, оставляя их соединенными между собой. Поверх правой (по схеме) катушки индуктивности ближе к «холодному» концу наматывают катушку связи $L_{св}$. Параллельно катушке индуктивности впаивают конденсатор *C1* емкостью 10...20 пФ. Один вывод катушки связи соединяют с контактом *4* вставки, другой — с контактом *6*. Для поддиа-

пазонов 1—5 используют провод ПЭВ-1 0,47, для поддиапазонов 6—12 — ПЭВ-1 1,0. На катушке *69* размещают 12 витков, на катушке *72* — 8, на *79* — 6, на *84* — 5, на *89* — 4, на *95, 105, 110* — по 2, на *115, 120, 125, 130* — по 1,5 витка.

На поддиапазоне 1 во вставке барабана контуров первого УВЧ вывод катушки *69* отпаивают от контакта *1*, а конденсатор *70* емкостью 10 пФ заменяют конденсатором емкостью 200...240 пФ. Между ламелью *6* входных контуров и ламелью *1* контуров первого УВЧ снаружи барабана впаивают конденсатор емкостью 33 пФ.

На поддиапазонах *2* и *3* от контакта *1* отпаивают соответственно выводы катушек *72* и *79*.

Показанная на рис. 1 сеточная цепь лампы рассчитана на использование приемника с передающей трансвертерной приставкой. Если же ее нет, фильтр *C3L1C4* не понадобится, и нижний по схеме вывод резистора *R3* нужно соединить с общим проводом.

Настраивают контуры УВЧ с помощью генератора стандартных сигналов. Модулированный радиочастотный сигнал подают на вход приемника через резистор сопротивлением 100 Ом. На низшей частоте поддиапазона контура настраивают в резонанс по максимуму напряжения на выходе подстроечниками катушек, на высшей — подстроечными конденсаторами. Для получения полного сопряжения эту операцию нужно повторить несколько раз.

Первый смеситель

От преобразователя частоты во многом зависят общая линейность и коэффициент шума радиоприемного устройства. Дальнейшего улучшения этих параметров радиоприемника Р250М можно добиться заменой лампового первого смесителя на диодный кольцевой. Невысокий коэффициент преобразования такого смесителя удовлетворяет поставленной задаче снижения усиления до фильтра основной селекции, а высокая линейность и низкий уровень шума позволяют повысить динамический диапазон и чувствительность приемника.

Кольцевой диодный смеситель по сравнению с ламповым обладает более низкими входными и выходными

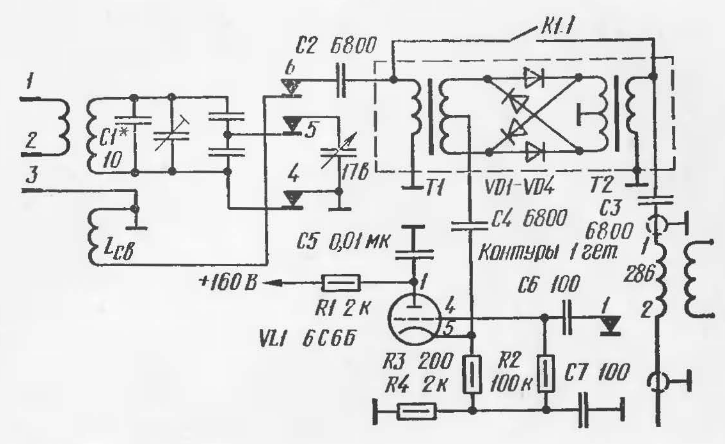


Рис. 2. Схема первого смесителя

сопротивлениями и поэтому нуждается в изменении согласования. На выходе УВЧ и на входе первого УПЧ это достигается изменением связи с контурами, а на выходе кварцевого гетеродина — установкой катодного повторителя на миниатюрной лампе 6С6Б (рис. 2). При этой доработке в контурах радиоприемника производят следующие изменения.

Во вставках контуров второго УВЧ от контакта *6* отпаивают все детали, оставляя их соединения между собой. Поверх правой по схеме катушки индуктивности ближе к «холодному» концу наматывают проводом ПЭВ-1 0,8...1,0 катушку связи (на поддиапазонах *1* и *2* используют провод ПЭВ-1 0,4...0,5), а параллельно катушке индуктивности подпаивают конденсатор емкостью 10...20 пФ. Один вывод катушки соединяют с контактом *3* вставки, а другой — с контактом *6*.

Катушку *286* контура первого УПЧ, через которую подавалось напряжение на анод лампы первого смесителя, сматывают до получения 7 витков. Вход кольцевого смесителя соединяют с ламелью *6* контуров второго УВЧ через конденсатор емкостью 5000 пФ...0,01 мкФ. Выход смесителя соединяют через конденсаторы такой же емкости с кабелем, проложенным к катушке *286*. Ламель *4* соединяют с общим проводом.

На катушке *145* (поддиапазон 1) размещают *7* витков, на катушке *148* — 4, на *153* — 3, на *158* и *163* — по

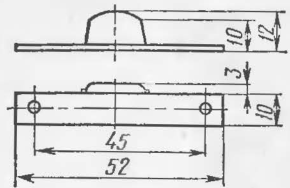


Рис. 3. Стойка для управления микропереключателем

2, на *169* и *174* — по 1,5, на *179, 184, 189, 194, 203* — по 1 витку.

Трансформаторы *T1* и *T2* содержат по 14 витков провода ПЭВ-1 0,1 в каждой обмотке и выполнены на сердечниках типоразмера К7×4×2 из феррита с магнитной проницаемостью 1000...3000. Вместе с диодами *VD1* — *VD4* (КД514, АА108, АА112 либо другие смесительные диоды) трансформаторы помещают в металлический экран.

На поддиапазоне 1 вход и выход смесителя соединяют между собой контактами реле *K1* типа РЛ-1 (могут быть использованы другие высокочастотные реле с емкостью между контактами не более 2 пФ). Напряжение на обмотку реле подают через микропереключатель, например МП-5, установленный на задней стенке подвала шасси. На барабане к гетеродинной вставке поддиапазона 1 крепят стойку (рис. 3), с помощью которой замыкают контакты микропереключателя. Ее изготовляют из листовой жести или дюралюминия толщиной 0,8...1 мм.

Настраивают контуры УВЧ по методике, описанной выше. Для настройки контуров первой ПЧ сигнал от генератора с частотами 1,5 и 3,5 МГц подают через конденсатор емкостью 0,01 мкФ на выходную обмотку трансформатора *T2*.

Первый гетеродин

Несколько повысить спектральную чистоту и амплитуду напряжения кварцевого гетеродина можно за счет некоторой модернизации его (рис. 4). Катушку *225* отключают, а вместо нее устанавливают дроссель *L3* типа ДМ-0,1 индуктивностью 200 мкГн. Из вставок контуров первого гетеродина исключают все детали (кроме подстроечных конденсаторов), подсоединенных к контактам *1* и *2*. Во вставки поддиапазонов 2—4 устанавливают воздушные подстроечные конденсаторы емкостью 5...20 пФ. Между контактами *2* и *3* вставок впаивают катушку индуктивности *L1* и конденсатор *C1*. Намотку выполняют на керамическом каркасе диаметром 6 мм с подстроечником, длина намотки 7 мм. При использовании каркасов других размеров данные катушек поддиапазонов следует пересчитать. Поверх катушки *L1* ближе к ее «холодному» выводу наматывают катушку связи *L2*, выводы которой подпаивают к контактам *1* и *3* вставки. Между ламелями *2* и *3* впаивают резистор *R1*.

Контурные катушки 2—5 поддиапазонов наматывают проводом ПЭЛШО 0,15, 6—12 поддиапазонов — проводом ПЭЛШО 0,27, катушки связи для всех поддиапазонов (2—12) наматывают проводом ПЭЛШО 0,27. Для поддиапазона 2 катушка *L1* содержит 80, а *L2* — 16 витков, для поддиапазона 3 — соответственно 50 и 11 витков, для последующих поддиапазонов — 40 и 8, 30 и 6, 24 и 5, 22 и 5, 19 и 4, 17 и 4, 15 и 4, 14 и 4, 10 и 4. Емкость конденсатора *C1* для поддиапазона 2 должна быть 91 пФ, для поддиапазона 3—30 пФ, для поддиапазона 4—15 пФ, для поддиапазонов 5—9 — по 10 пФ, для поддиапазонов 10—12 этот конденсатор отсутствует.

Второй смеситель

Во втором смесителе лампу 6А7 *(321)* заменяют на 6Ж2П. Для этого прежде всего вместо восьмиштырьковой ламповой панели устанавливают семиштырьковую. Провод с 8-й ножки перепаивают на 1-ю, с 5-й — на 7-ю, с 4-й — на 6-ю. В катодной цепи резистор *324* сопротивлением 3 кОм заменяют на резистор сопротивлением

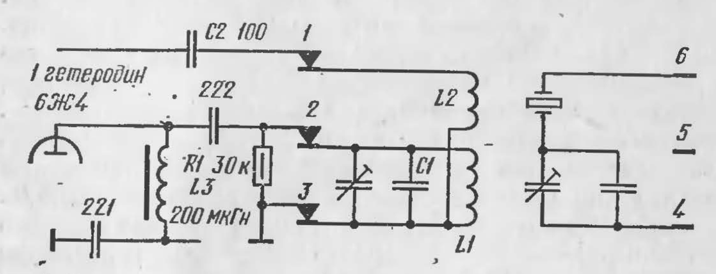


Рис. 4. Схема кварцевого гетеродина

2 6—2116

1,1 кОм (МЛТ-0,5). Между 1-й ножкой панели лампы 6Ж2П и общим проводом впаивают конденсатор емкостью 5 пФ.

После переделки подстроечным конденсатором *316* подстраивают контур (сеточный) на частоте 3,5 МГц.

Тракт УПЧ-2

После изменений в первых каскадах приемника возникает необходимость в улучшении отношения сигнал/шум и некотором увеличении усиления тракта УПЧ-2. Для этого лампу 6К3 *(426)* в первом каскаде УПЧ-2 заменяют на 6К13П. При этом все элементы каскада остаются прежними, заменяется лишь ламповая панель.

Во втором и третьем каскадах УПЧ-2 исключаются резисторы *433*, *462*, а параллельно резистору *471* в цепи катода лампы *472* третьего каскада припаивают ре и-стор МЛТ-0,5 сопротивлением 510 Ом.

Установка электромеханических фильтров

Избирательность по соседнему каналу радиоприемника Р250М определяется характеристиками перестраиваемых фильтров основной селекции, включенных в анодных цепях второго смесителя и первого каскада УПЧ-2. При положении регулятора полосы ПЧ от 1 до 3 кГц коэффициент прямоугольности фильтра, измеренный при ослаблении сигнала на 3 и 60 дБ, равен примерно 6. Поэтому прием нередко сопровождается сильными помехами от мощных передатчиков, работающих на соседних частотах.

Заметно улучшить избирательность по соседнему каналу можно использованием в тракте УПЧ-2 электромеханических фильтров (ЭМФ) на частоту 215 кГц. Такие фильтры обладают полосой пропускания от сотен герц до нескольких килогерц при коэффициенте прямоугольности от немногим более единицы до трех. Входное и выходное сопротивления фильтров приблизительно равны 1 кОм. Один или несколько ЭМФ с различными полосами пропускания устанавливают на выходе второго смесителя. При этом перестраиваемый фильтр основной селекции из приемника не исключают, а используют на-

ряду с ЭМФ. Следует помнить, что усиление тракта ПЧ при включении ЭМФ будет несколько выше, чем с фильтром основной селекции.

Коммутируют фильтры контактами электромагнитных реле любого типа с группой переключающих контактов (например, реле РЭС-9, РЭС-34, РЭС-49). Число реле зависит от числа установленных ЭМФ. Из соображений сохранения линейности применять для коммутации диоды не следует.

Для установки ЭМФ нужно проделать такие работы. Изготовить плату (например, из фольгированного стеклотекстолита) и укрепить на ней ЭМФ и реле. Габариты платы зависят от количества и размеров ЭМФ. Располагают плату на задней панели верхнего блока вблизи первой группы контуров фильтра основной селекции. Из приемника исключают конденсатор *501*, а между точкой соединения конденсатора *410* с катушкой индуктивности *409* и общим проводом припаивают конденсатор емкостью 100...110 пФ, окончательную емкость которого подбирают в процессе настройки.

Экран контура *409*, *410* распаивают и поверх катушки *409* наматывают катушку связи (рис. 5) проводом ПЭЛШО 0,27 — 29 витков. Один вывод катушки соединяют с общим проводом, а другой выводят из экрана через изолятор. Переключатель фильтров устанавливают на место переменного резистора *695* «Запас усиления», а сам резистор заменяют постоянным (МЛТ-2) сопротивлением 10 кОм. Провод с движка резистора подпаивают к точке соединения резисторов *695* и *470*.

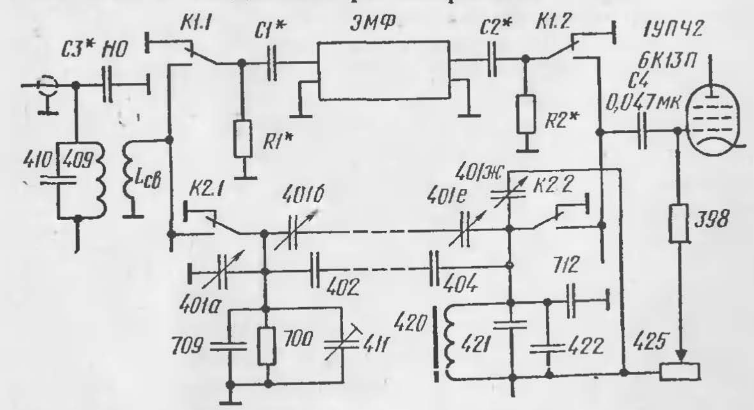


Рис. 5. Схема включения ЭМФ

Настройка ЭМФ сводится к подбору конденсаторов *C1* и *C2* с помощью измерителя частотных характеристик либо генератора и лампового вольтметра. Емкость конденсаторов указывается в паспорте ЭМФ или на его корпусе и находится в пределах 100...1000 пФ. Характерный «звон», появляющийся из-за большой неравномерности частотной характеристики фильтра в полосе пропускания, устраняют шунтированием входа и выхода фильтра резисторами *R1* и *R2* сопротивлением от 1 до 5 кОм.

Автоматическая регулировка усиления (АРУ)

Известно, что порог срабатывания АРУ приемника Р250М довольно высок. Повысить эффективность работы АРУ можно несложной доработкой. Сначала удаляют провод, соединяющий штырек *4* панели лампы *472* с таким же штырьком лампы *529*, а между последним и общим проводом припаивают параллельно соединенные резистор сопротивлением 100 кОм (МЛТ-0,5) и конденсатор емкостью 30 пФ. Между этим же штырьком и выводом *4* контура *492* припаивают конденсатор емкостью 3 пФ. Изменяя емкость конденсатора от 1 до 5 пФ, подбирают необходимый порог срабатывания АРУ.

Третий гетеродин

При установке во время приема переключателя видов работы в различные положения (телеграф, однополосная модуляция), а также при смене боковых полос нужно изменять частоту третьего гетеродина приемника, выставляя каждый раз нужное значение ее по шкале конденсатора переменной емкости *517*. Упростить эту операцию можно дополнением третьего гетеродина узлом настройки на фиксированные частоты, собранным по приведенной на рис. 6 схеме.

На передней панели верхнего блока между ручками «Полоса НЧ» *(586)* и «Усиление НЧ» *(554)* устанавливают трехпозиционный тумблер типа П2Т-5. На шасси рядом с конденсатором переменной емкости *517* устанавливают плату, к примеру из дюралюминия толщиной 1,5...2 мм, на которой крепят два подстроечных конденсатора и два реле РЭС-34 или подобные.

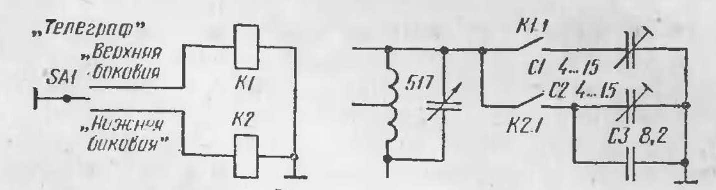


Рис. 6. Схема узла настройки в третьем гетеродине

Настраивают третий гетеродин так. В приемнике, работающем на первом поддиапазоне, тумблером «1» включают кварцевый калибратор, переключатель «Род работы» *(507)* переводят в положение «Корр», устанавливают полосу пропускания по ПЧ не менее 3 кГц, по НЧ — не менее 2,5 кГц, устанавливают максимальное усиление по ПЧ и НЧ и выключают АРУ. В одной из калибровочных точек (например, 2, 2,5, 3 МГц) ручкой настройки приемника добиваются нулевых биений. Переключатель *SA1* (рис. 6) устанавливают в среднее положение, показанное на схеме и соответствующее верхней боковой полосе. Ручку «Тон незатух. кГц» устанавливают вращением против часовой стрелки в положение «1,5 кГц» (вправо от нулевой отметки), переключатель «Род работы» переводят в положение «Тлг», и ручкой «Корр 0» добиваются нулевых биений.

Затем переключатель *SA1* устанавливают в положение, соответствующее телеграфному режиму (подвижный контакт в верхнем по схеме положении). Ручку «Тон незатух. кГц» вращением по часовой стрелке устанавливают в положение от «0,4» до «1,3 кГц» (зависит от наиболее приятной для оператора тональности звука при приеме на слух телеграфных сигналов). Изменением емкости конденсатора *C1* добиваются нулевых биений.

Далее ручку «Тон незатух. кГц» вращением по часовой стрелке устанавливают в положение «1,5 кГц», переводят переключатель *SA1* в положение, соответствующее нижней боковой полосе (подвижный контакт в нижнем по схеме положении), и изменением емкости конденсатора *C2* добиваются нулевых биений.

На этом настройку заканчивают, ручку «Тон незатух. кГц» устанавливают в положение «0 кГц», а род работы (телеграф, верхняя боковая полоса, нижняя боковая полоса) устанавливают переключателем *SA1*.

Фильтр нижних частот в УНЧ

В радиоприемнике Р250М при переводе переключателя «Полоса НЧ» в положение «2,5 кГц» между первым и вторым каскадами УНЧ включается фильтр нижних частот, состоящий из трех П-образных звеньев. Характеристика фильтра приведена на рис. 7 штриховой линией. Улучшить избирательность приемника при приеме телефонных сигналов можно увеличением крутизны спада характеристики и затухания в полосе задерживания. Это достигается преобразованием фильтра в трехзвенный П-образный типа m.

Схема такого фильтра приведена на рис. 8. Параллельно катушкам индуктивности *562—565* подключаются конденсаторы *C1—C3*, обеспечивающие частоты бесконечного затухания 3650 Гц, 4200 Гц и 4550 Гц. В итоге получается характеристика, показанная на рис. 7 сплошной линией.

Введение любительского диапазона 10 м

Нередко радиолюбители задумываются над возможностью перестройки одного из поддиапазонов приемника Р250М на любительский 10-метровый диапазон. Конечно, для этой цели можно использовать любой из поддиапазонов, но, учитывая необходимость сохранить в приемнике любительские и радиовещательные диапазоны частот, наиболее удобным для перестройки можно считать поддиапазон 12.

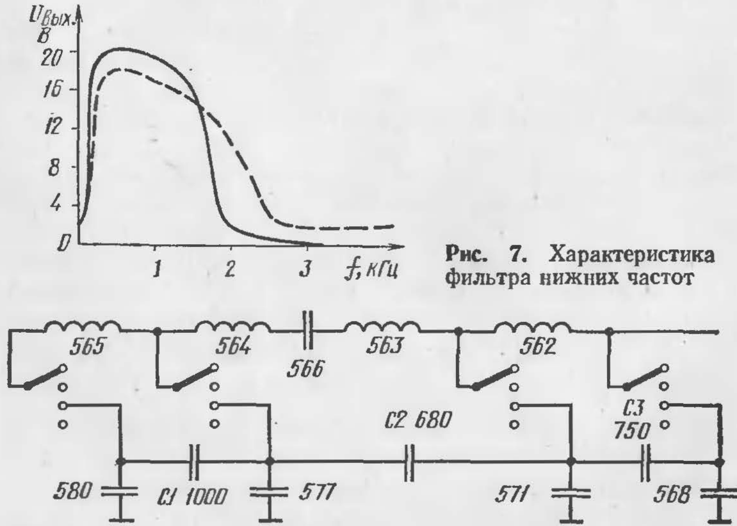


Рис. 7. Характеристика фильтра нижних частот

Рис. 8. Схема фильтра нижних частот

Доработка заключается в изменении деталей вставок барабанного переключателя поддиапазонов. В кварцевом гетеродине вместо резонатора на 11 МГц устанавливают резонатор на 13 МГц. Без учета описанных выше переделок входная катушка контура *64* должна содержать 4 витка, а контурная — 3,3 витка. В первом и втором УВЧ входные катушки контуров *130* и *203* должны содержать по 3 витка, а контурные — по 3,3 витка. Все катушки наматывают проводом ПЭВ-1 1,0.

Настраивают переделанные контуры по обычной методике. Случается, что даже при правильной настройке контуров получить нужную чувствительность не удается. Происходит это из-за недостаточной амплитуды колебаний гетеродина, поскольку резистор *281* в гетеродинной вставке сильно шунтирует анодный контур лампы. Повысить амплитуду колебаний гетеродина можно увеличением сопротивления указанного резистора до 10... 30 кОм. После такой доработки чувствительность приемника обычно заметно не отличается от чувствительности на других поддиапазонах.

Выведение сигналов гетеродинов

Иногда, например при использовании приемника с передающей трансвертерной приставкой, бывает нужно вывести из приемника сигналы гетеродинов. Это несложно сделать введением в приемник ламповых катодных повторителей, показанных на рис. 9 и 10. Повторители собирают на небольших платах из изоляционного материала. Один из повторителей (по схеме рис. 9) размещают на левой боковой стенке нижнего блока вблизи конденсатора *351* электрической коррекции частоты второго гетеродина, другой — в отсеке кварцевого гетеродина в подвале шасси нижнего блока.

Сигналы с выходов повторителей подводят отрезками кабелей к высокочастотным разъемам, установленным на уголке из дюралюминия в задней части нижнего

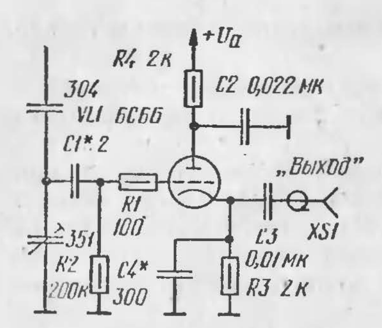


Рис. 9. Схема катодного повторителя сигнала второго гетеродина

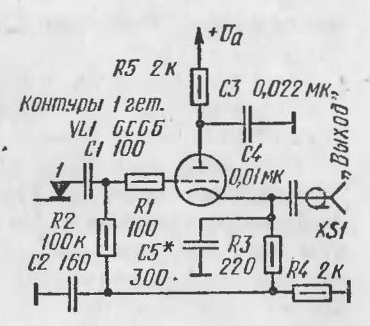


Рис. 10. Схема катодного повторителя сигнала первого гетеродина

блока рядом с лампой первого гетеродина. В кожухе приемника в этом месте сверлят два отверстия.

Все резисторы в повторителях — МЛТ-0,5, конденсаторы — КМ или КСО, но в первом повторителе (рис. 9) конденсатор *C1* должен быть емкостью 1...3 пФ типа КТК или КД голубого или серого цвета. Кроме указанных на схемах, можно применить лампы 6С7Б, 6Н16Б и другие. При длине кабеля около 1 м амплитуда колебаний на выходах повторителей с нагрузкой сопротивлением 50 Ом может быть от 0,6 до 1 В.

Заключение

Усовершенствования приемника Р250М, о которых рассказано выше, под силу радиолюбителям, имеющим некоторый опыт в конструировании и налаживании радиоприемных устройств. Тем не менее, прежде чем приступить к той или иной доработке, следует изучить схему соответствующего узла и ознакомиться с расположением деталей — они отмечены на платах или на шасси схемными номерами.

Совсем не обязательно вводить все изменения одновременно. Часть из них, например, касающиеся УНЧ и третьего гетеродина, можно выполнить раздельно. В то же время усовершенствование смесителей и каскадов УПЧ желательно провести комплексно.

Предложенные доработки пригодны и для радио-

приемников Р250, Р250М2, разумеется, с учетом особенностей их схем.

Что касается напряжения питания обмоток электромагнитных реле, его несложно получить выпрямлением напряжения накала ламп.

Во время работы с приемником необходимо проявлять осторожность в обращении с оптической системой индикации настройки. При появлении пыли на стеклянном диске во избежание повреждения микрофотошкалы не следует его протирать, а удалить пыль продуванием диска.

ИЗМЕРЕНИЯ

ТРАНЗИСТОРНЫЙ ВОЛЬТМЕТР

В. Иванов

Этот прибор позволяет измерять постоянные напряжения от десятых долей вольта до 1000 В. Весь диапазон разбит на семь поддиапазонов: 0...1 В, 0...3 В, 0...10 В, 0...30 В, 0...100 В, 0...300 В, 0...1000 В. Погрешность измерений при соответствующем подборе транзисторов и резисторов прибора не превышает 2 %. Входное сопротивление прибора минимально на первом поддиапазоне (1 МОм) и максимально на последнем (33 МОм).

Основу прибора (рис. 1) составляет усилитель постоянного тока (УПТ), собранный по параллельно-балансной мостовой схеме на четырех транзисторах с непосредственной связью между каскадами. Такая схема выбрана для вольтметра не случайно. Она отличается малой температурной и временной нестабильностью нуля отсчета. Как известно, начальные токи коллекторов транзисторов примерно в одинаковой степени зависят от температуры и напряжения питания и протекают через стрелочный индикатор *PA1* в противоположных направлениях, компенсируя друг друга. В результате устойчиво сохраняется установленная балансировка моста. Кроме того, вольтметр с УПТ по балансно-мостовой схеме выгодно отличается большой равномерностью шкалы.

Первый каскад усилителя составлен из двух симметрично включенных транзисторов *VT1* и *VT4*, работающих по схеме с общим эмиттером в режиме класса А. К базам транзисторов подводится напряжение, снимаемое с входного делителя. Коэффициент деления зависит от положения подвижных контактов переключателя поддиапазонов *SA1*. Коэффициент усиления этого каскада достаточно стабилен, чему способствует глубокая отрицательная обратная связь по напряжению с по-

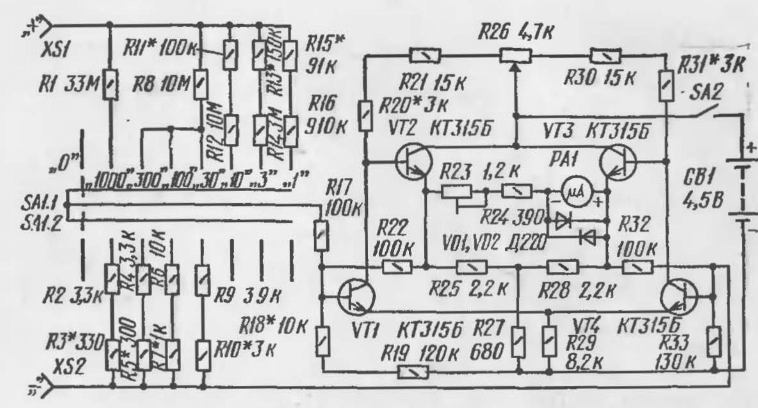


Рис. 1. Схема транзисторного вольтметра

мощью резисторов *R22* и *R32* и отрицательная обратная связь, пропорциональная входному току, с помощью резистора *R29* в цепи эмиттеров.

Второй каскад усилителя составлен из двух симметрично включенных транзисторов *VT2* и *VT3*, работающих по схеме с общим коллектором. Подобный каскад облегчает согласование выходного сопротивления усилителя с сопротивлением стрелочного индикатора *PA1*. Резисторы *R25* и *R28* совместно с резистором *R27* можно считать нагрузкой этого каскада. Через стрелочный индикатор протекает ток, пропорциональный разности напряжений, падающих на резисторах *R25* и *R28*.

Подстроечный резистор *R23* необходим для установки нужной чувствительности индикатора при калибровке вольтметра. Резистор *R24* ограничивает ток через индикатор в случае установки движка резистора *R23* в крайнее левое по схеме положение.

В УПТ желательно установить кремниевые транзисторы серий КТ315 или КТ312 со статическим коэффициентом передачи тока не менее 90. Особое внимание следует обратить на отбор транзисторов *VT1* и *VT4* — они должны быть с возможно более близкими параметрами, в частности, статическим коэффициентом передачи и начальными или обратными токами коллектора. Это же относится и к транзисторам второго каскада, но в несколько раз меньшей степени. Неплохие результаты получаются при использовании транзисторных сборок К217НТ3 или К243НТ3.

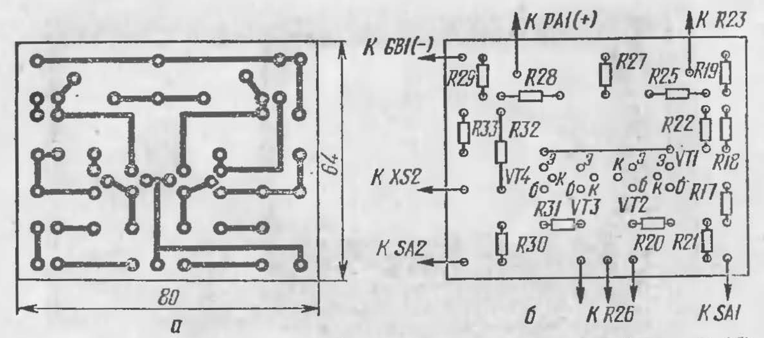


Рис. 2. Печатная плата (*а*) УПТ и расположение деталей на ней (*б*)

Диоды *VD1* и *VD2* — любые из серий Д219, Д220. Постоянные резисторы — МЛТ-0,25, переменный — СП-4, подстроечный — СПО-0,5 или другой малогабаритный. Сопротивления резисторов *R21* и *R30*, *R22* и *R32*, *R25* и *R28* не должны отличаться более чем на 1 %. Остальные резисторы могут быть подобраны с допускаемым отклонением сопротивления от указанного на схеме 5 %. Стрелочный индикатор — микроамперметр М265 с внутренним сопротивлением 800...1400 Ом, током полного отклонения стрелки 100 мкА и двумя шкалами с конечными отметками 10 и 30. Подойдет и другой индикатор, например М24. Переключатель *SA1* — галетный, с двумя платами, выключатель *SA2* — тумблер МТ или аналогичный. Источник питания может быть составлен из трех последовательно соединенных элементов *373*. При потребляемом вольтметром токе менее 2 мА такого источника хватит на год работы.

Часть деталей прибора размещена на печатной плате (рис. 2) из фольгированного стеклотекстолита. Резисторы *R23*, *R24* и диоды смонтированы на небольшой плате из изоляционного материала, укрепленной на зажимах индикатора.

Конструктивно прибор выполнен как показано на рис. 3. На лицевой панели небольшого корпуса укреплены органы управления, стрелочный индикатор и входные гнезда. Внутри корпуса установлены печатная плата и источник питания.

Налаживание прибора начинают с УПТ. Движок переменного резистора устанавливают в среднее положение. Резистор *R18* временно заменяют переменным,

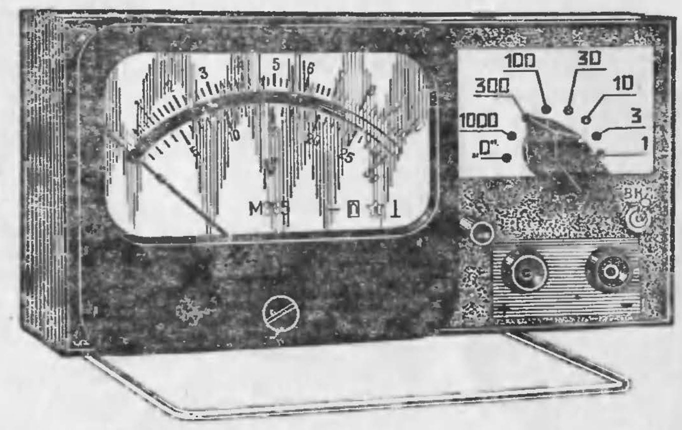


Рис. 3. Внешний вид вольтметра

сопротивлением 33 кОм и, перемещая его движок, устанавливают с помощью омметра такое его сопротивление, чтобы суммарное сопротивление резисторов *R18* и *R19* было равно сопротивлению резистора *R33*.

Затем балансируют усилитель, уравнивая токи баз транзисторов *VT1* и *VT4* при открытом входе (переключатель поддиапазонов устанавливают в положение «0») более точным подбором сопротивления временного переменного резистора. Стрелка индикатора при этом должна находиться на нулевой отметке.

Далее соединяют проволочной перемычкой базы транзисторов *VT1* и *VT4* и балансируют усилитель переменным резистором *R26*. Если движок его придется переместить значительно от среднего положения, нужно подобрать либо резистор *R20*, либо *R31*. Налаживание усилителя можно считать законченным, если стрелка индикатора остается на нулевой отметке шкалы как при замкнутом, так и при разомкнутом входе усилителя. После этого измеряют получившееся сопротивление временного переменного резистора и впаивают вместо него постоянный резистор с таким же сопротивлением.

Калибруют шкалы поддиапазонов измерения с помощью образцового вольтметра постоянного тока, подключенного параллельно входным гнездам описанного вольтметра. На гнезда подают различные напряжения от регулируемого источника. Подав, например, сначала напряжение 1 В, проверяют отклонение стрелки вольт-

метра. Если она значительно не дошла до конечной отметки или перешла ее, регулируют ток через индикатор подстроечным резистором *R23* или подбирают резистор *R15*. Затем переходят на следующий поддиапазон и подбором резистора *R13* добиваются точных показаний вольтметра и так далее. Калибровка значительно облегчится и ускорится, если вместо подбираемых резисторов делителя включать переменные соответствующего сопротивления, а затем измерять получившееся сопротивление и ставить постоянный резистор с таким же сопротивлением.

ЭЛЕКТРОМУЗЫКАЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ

«ЛЕСЛИ»-ПРИСТАВКА

В. Марфидин

Подключенная к электромузыкальному инструменту, эта приставка позволяет получить необычное звучание, иногда называемое «вращающимся звуком» или «Лесли»-эффектом» (подробнее об этом эффекте рассказано в статье К. Доктора «Вращающийся» звук» в журнале «Радио», 1983, № 7, с. 40—43).

Приставка (рис. 1) состоит из входного каскада на микросхеме *DA1*, генератора инфранизкой частоты (*DA2*) и линии задержки на микросхемах *DA3—DA11*. Прямой сигнал с выхода микросхемы *DA1* и преобразованный (задержанный) с выхода микросхемы *DA11* подаются (через резисторы *R69* и *R70* соответственно) на разъем *XS2* и суммируются. Далее суммарный сигнал поступает на усилитель звуковой частоты.

Каждая ячейка линии задержки состоит из операционного усилителя и фазового *RC*-звена с управляемым сопротивлением, образующих фазовый контур. На схеме показаны первая и последняя ячейки. *RC*-звено включено на входе операционного усилителя и состоит из конденсатора *C5* (для первой ячейки) и управляемого резистора на МДП-транзисторе с индуцированным каналом.

Полевые транзисторы как управляемые напряжением переменные резисторы находят широкое применение в радиоэлектронной аппаратуре, поскольку обладают достаточно линейными выходными вольтамперными характеристиками (ВАХ), а управление сопротивлением происходит практически без затрат мощности. При напряжении на канале транзистора не более 0,15 В нелинейность выходной ВАХ обычно не превышает 2...3 %, что в ряде случаев дает заметный выигрыш по сравнению с другими полупроводниковыми радиоэлементами.

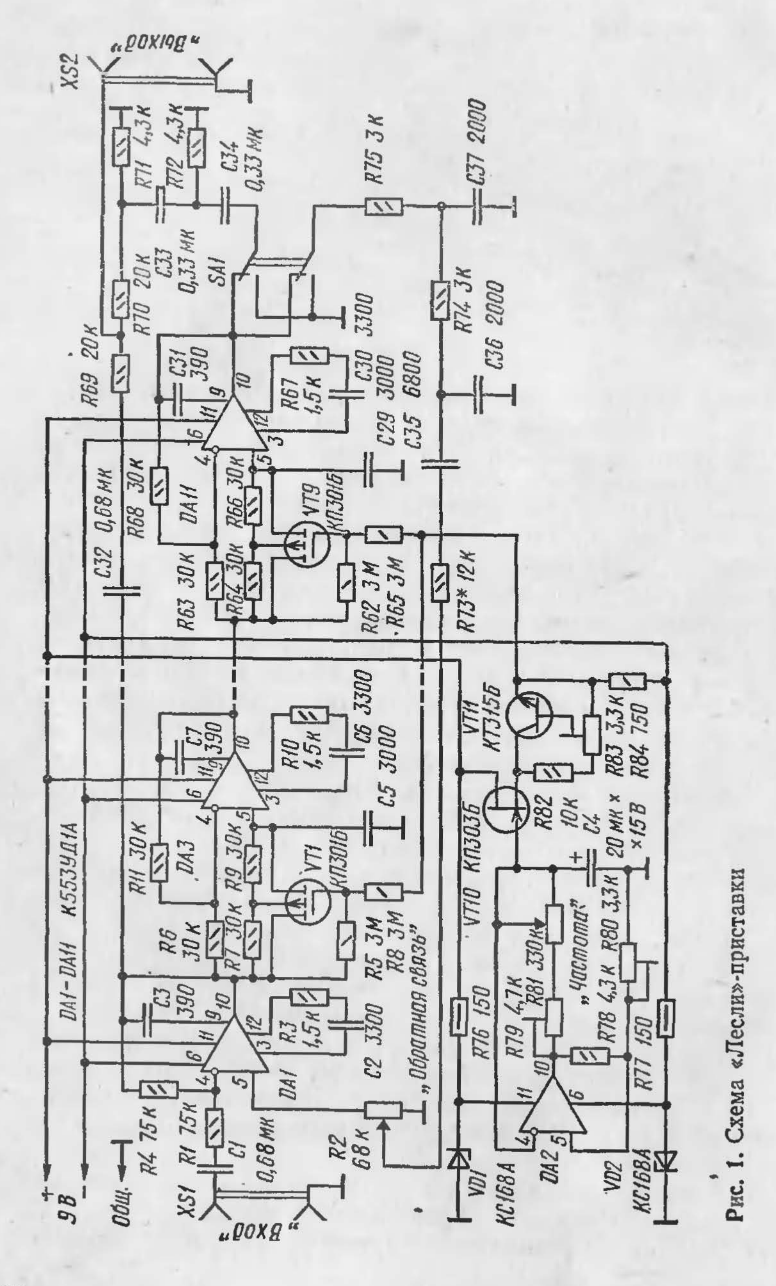


Рис. 1. Схема «Лесли»-приставки

Однако в данном применении, когда последовательно включено несколько звеньев с использованием полевого транзистора в качестве управляемого переменного резистора, суммарные нелинейные искажения могут намного превысить приемлемые значения. Поэтому для расширения диапазона рабочих напряжений на канале транзистора его характеристики по возможности линеаризируют различными способами. Один из них — введение отрицательной обратной связи (ООС) путем подачи со стока на исток половины напряжения на канале. В итоге диапазон рабочих напряжений при тех же значениях коэффициента нелинейности расширяется до 0,5... 3 В (в зависимости от способа включения в управляемую цепь, а также от экземпляра транзистора). Кроме того, выходные ВАХ транзистора симметрируются и практически не зависят от изменения направления тока в канале. В приведенной схеме ООС осуществляется с помощью резисторов *R5* и *R8* (для первой ячейки). Для сигнала звуковой частоты резисторы образуют делитель напряжения с коэффициентом деления 2.

Резисторы *R7* и *R9* предназначены для фиксации потенциала подложки, а также для ограничения диапазона изменения сопротивления на входе операционного усилителя. Это нужно по следующей причине. Каждый тип операционного усилителя характеризуется определенным входным током, и поскольку во входной цепи имеется переменное сопротивление, его изменение приводит к смещению выходного напряжения на величину $\Delta U_{вых} = \Delta i_{вх} \cdot \Delta R$ (например, при $i_{вх} = 1$ мкА, $\Delta R = 100$ кОм $\Delta U_{вых} = 0{,}1$ В — при условии, что коэффициент усиления равен 1). Таким образом, выходное напряжение ячейки будет изменяться с частотой модуляции, причем размах этих колебаний будет накапливаться после каждой ячейки в линии задержки. Для подавления колебаний на выходе линии задержки включен фильтр верхних частот *C34, R72, C33, R71* с частотой среза около 200 Гц.

Еще одна особенность приставки — наличие регулируемой по глубине обратной связи, охватывающей всю линию задержки. Она осуществляется с выхода линии через фильтр нижних частот *R75, C37, R74, C36*, цепочку *C35, R73* и регулятор глубины обратной связи *R2* на неинвертирующий вход операционного усилителя *DA1*. Эта обратная связь действует в диапазоне частот

3 6–2116

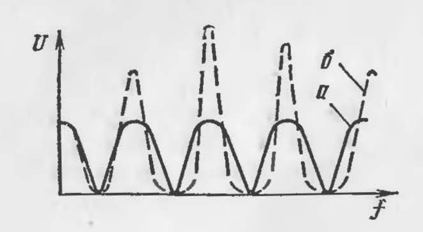


Рис. 2. Амплитудно-частотная характеристика приставки

примерно от 800 Гц до 12 кГц. Ограничение полосы частот снизу обусловлено тем, чтобы не влиять на диапазон основных тонов электромузыкального инструмента, а сверху — чтобы повысить стабильность работы приставки на высших частотах.

В итоге на входном каскаде суммируются прямой сигнал и некоторая часть задержанного. При этом частоты спектра задержанного сигнала, попадающие по петле обратной связи в фазе с прямым сигналом, дополнительно поднимаются, соответственно становится ярче и звучание инструмента. Фактически при введенной обратной связи приставка превращается в многополосный фильтр с гребенчатой характеристикой и групповой перестройкой пиков амплитудно-частотной характеристики (рис. 2, кривая *б*). Характеристика приставки без обратной связи показана на рис. 2, *а*.

Поскольку вследствие модуляции пики амплитудно-частотной характеристики постоянно смещаются, из общего спектра «выхватываются» все новые тона и их гармоники, поэтому при максимальной глубине обратной связи создаваемый яркий эффект может замаскировать исполняемую на электромузыкальном инструменте мелодию (при исполнении аккомпанементных партий это даже заметно обогащает общую аранжировку).

С введенной обратной связью приставка становится неустойчивой, предельный коэффициент передачи по петле обратной связи теоретически должен быть равен 1, на практике же приходится ограничиваться значением 0,7...0,8.

Генератор инфранизкой частоты собран на микросхеме *DA2* и питается от параметрических стабилизаторов *R76*, *VD1* и *R77*, *VD2*. Напряжение треугольной формы, образующееся на инвертирующем входе операционного усилителя, подается на истоковый повторитель — (транзистор *VT10* с регулируемым опорным элементом (транзистор *VT11* и резисторы *R82*, *R83*) в истоковой цепи. С помощью такого опорного элемента можно смещать модулирующее напряжение на рабочую точку МДП-транзисторов. Подстроечным резистором *R80* регулируют размах модулирующего напряжения, а резистором *R79* — подстраивают максимальную частоту модуляции. Частоту модуляции устанавливают переменным резистором *R81*.

Приставка работает при входном сигнале примерно 0,2 В. Время задержки сигнала в приставке составляет 0,1...2 мс, полоса рабочих частот — 40...25 000 Гц. Частота первого нуля амплитудно-частотной характеристики при максимальной задержке равна 300 Гц, диапазон регулирования частоты модуляции — 0,1...10 Гц. Коэффициент передачи приставки без обратной связи равен 2 %, а с обратной связью — 5 % (в пиках амплитудно-частотной характеристики). Входное сопротивление приставки 70 кОм, выходное 10 кОм, отношение сигнал/шум на выходе — 45 дБ. При напряжении питания 9 В приставка потребляет ток около 25 мА. В приставке применены операционные усилители типа К553УД1А, но подойдут практически любые другие с входными токами не более 1,5 мкА (с соответствующими цепями частотной коррекции). При этом необходимо иметь в виду допускаемые значения напряжения питания. Конденсаторы, постоянные, переменные и подстроечные резисторы могут быть любых типов. Переменные резисторы *R2* и *R81* желательно применить с логарифмической характеристикой регулирования (типа Б). Переключатель *SA1* — типа тумблер или кнопочный (2П2К) с фиксацией положения. Вместо транзисторов КП301Б можно применить КП304. При сборке приставки необходимо соблюдать правила монтажа и установки полевых транзисторов.

Убедившись в правильности монтажа, устанавливают движки подстроечных и переменных резисторов в следующие положения: *R2* — нижнее по схеме, *R79* и *R81* — левое по схеме, *R80* и *R83* — среднее. Подключив питание, проверяют с помощью осциллографа, работающего в режиме с открытым входом, наличие колебаний треугольной формы на эмиттере транзистора *VT11*. Затем перемещением движка резистора *R83* нужно сместить средний уровень колебаний до напряжения минус 7 В, а резистором *R80* установить размах колебаний около 4 В (от минус 9 до минус 5 В).

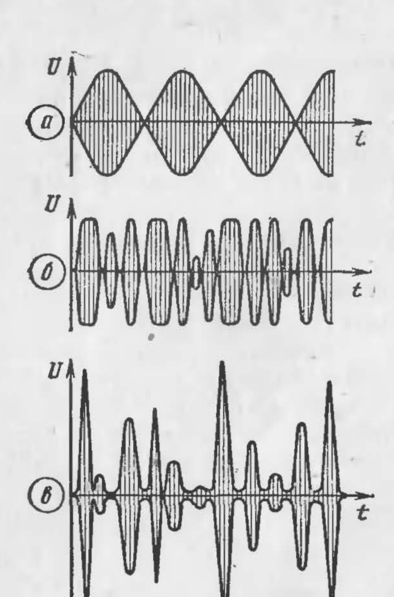


Рис. 3. Форма колебаний на выходе приставки

Подключив осциллограф к выходу приставки, подают на ее вход (разъем *XS1*) с генератора ЗЧ синусоидальные колебания частотой 300 Гц и амплитудой 200 мВ. На экране осциллографа должен наблюдаться процесс амплитудной модуляции входного сигнала. На одной из частот в диапазоне от 250 до 350 Гц более точной подстройкой резисторов *R80* и *R83* добиваются показанной (на рис. 3, *а*) формы колебаний. На высших частотах (1...20 кГц) форма огибающей модулированных колебаний может быть произвольной, но ее частота должна быть в 3...4 раза больше (рис. 3, *б*).

Затем переменным резистором *R2* вводят максимальную глубину обратной связи. Если приставка самовозбуждается, следует несколько увеличить сопротивление резистора *R73* (до срыва самовозбуждения). С введенной обратной связью форма колебаний на выходе приставки должна соответствовать приведенной на рис. 3, *в*. При настройке приставки длительность развертки луча осциллографа желательно выбирать соизмеримой с частотой повторения колебаний генератора инфранизкой частоты.

Если осциллографа и генератора ЗЧ нет, можно обойтись авометром, проверив работу генератора инфранизкой частоты по колебаниям стрелки индикатора авометра, а дальнейшую настройку производить «на слух» непосредственно с электромузыкальным инструментом. Однако добиться оптимального режима в этом случае трудно.

Количество ячеек в линии задержки может быть иным, но не менее 3. Оптимальным можно считать 8...12 ячеек. При меньшем их количестве звучание инструмента с приставкой становится беднее, а при большем ухудшается отношение сигнал/шум. Если при повторении описанной приставки количество ячеек отличается от указанного на схеме, нужно пересчитать емкость конденсаторов фазовых контуров по формуле

$$C = \frac{1}{2\,\pi f_0\,R_{\text{макс}}} \cdot tg\,\frac{\pi}{n},$$

где f_0 — частота первого нуля амплитудно-частотной характеристики при максимальной задержке (на частотах 200...500 Гц); $R_{\text{макс}}$ — максимальное значение управляемого сопротивления (примерно 60 кОм); n — количество ячеек.

Питать приставку можно от любого двуполярного стабилизированного источника с коэффициентом стабилизации не менее 10 и амплитудой пульсаций не более 50 мВ. При питании приставки от батареи «Крона» можно уменьшить потребляемый ток до 18 мА, использовав в качестве стабилитронов *VD1* и *VD2* эмиттерные переходы транзисторов КТ315, включенные в обратном направлении, и увеличив сопротивление резисторов *R76* и *R77* до 330 Ом. Транзисторы следует предварительно подобрать по напряжению стабилизации 6,5...7 В.

Для расширения исполнительских возможностей можно включить последовательно с резистором *R70* переменный резистор сопротивлением 68...150 кОм для регулировки «глубины» эффекта, а переменный резистор *R81* (регулятор частоты модуляции) вынести в ножную педаль.

АВТОМАТИКА

НА БАЗЕ ТЕЛЕФОННЫХ АППАРАТОВ

А. Евсеев

На прилавках многих магазинов можно встретить самые разнообразные телефонные аппараты. А ведь они — готовый узел самодельных устройств связи, особенно когда нет настоящего телефона. В одном случае это может быть переговорное устройство между двумя абонентами, в другом — более сложный автомат для связи между десятью абонентами через центральный пульт, в третьем — миниатюрная телефонная станция, обеспечивающая автоматическую связь абонентов друг с другом, как и при обычной телефонной связи.

О таких устройствах и пойдет рассказ в статье. Они могут найти применение, например, в школах, пионерских лагерях, колхозах и совхозах. Дальность связи во всех случаях ограничивается сопротивлением линии — 1...2 кОм, что при использовании медного провода диаметром 0,5 мм составляет 5...10 км. Подключать описываемые устройства к городской или местной телефонной сети запрещено.

Переговорное устройство

Оно обеспечивает телефонную связь между двумя абонентами. Вызов осуществляется через звонок, имеющийся в телефонном аппарате. Причем, в устройстве могут работать телефонные аппараты, у которых исправны лишь трубка и звонок.

Телефонные аппараты соединяют трехпроводной линией (рис. 1), на которую поданы переменное и постоянное напряжения. Первое снимается с обмотки *II* развязывающего понижающего трансформатора *T1*, второе — с выпрямителя на диоде *VD1*, питаемого обмоткой *III*.

Если, к примеру, первый абонент (у него расположен телефонный аппарат ТА-1) хочет вызвать второго

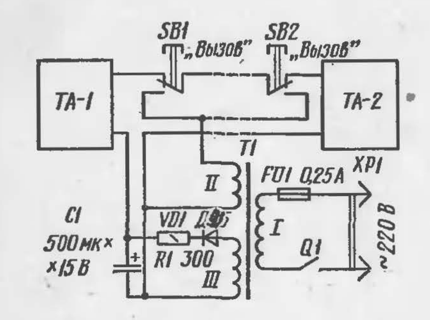


Рис. 1. Схема переговорного устройства

абонента, он должен нажать кнопку переключателя *SB1*. При этом переменное напряжение с обмотки *II* трансформатора будет подано на телефонный аппарат ТА-2, и в нем зазвенит звонок. При снятых трубках обоих аппаратов источник постоянного напряжения будет включен последовательно с аппаратами — можно вести разговор. Второй абонент при вызове первого нажимает кнопку переключателя *SB2*.

Выпрямительный диод может быть любой из серий Д2 (кроме Д2Б), Д7, Д9 (кроме Д9Б), Д226. Конденсатор *C1* — К50-3, К50-6, ЭГЦ. Кнопочные переключатели — КМ-1, П2К, выключатель питания — ТВ2-1. Трансформатор выполнен на ленточном магнитопроводе ШЛ16×25. Обмотка *I* содержит 2200 витков провода ПЭВ-2 0,08, обмотка *II* — 360 витков ПЭВ-2 0,12, обмотка *III* — 100 витков ПЭВ-2 0,21.

Телефонные аппараты могут быть, например, ТА-68, ТАН-66, ТАН-70. Если используются аппараты с неисправными номеронабирателями, следует отключить от номеронабирателей проводники и соединить их с рычажным переключателем так, чтобы при опущенной трубке к линии был подключен через конденсатор емкостью 1 мкФ (он стоит в аппарате) звонок, а при поднятой трубке — последовательно соединенные микрофон и телефон трубки.

Трансформатор и детали выпрямителя монтируют в корпусе аппарата ТА-1. На его задней стенке устанавливают выключатель питания, а через отверстие в стенке выводят сетевой шнур с вилкой на конце. Переключатели устанавливают на корпусах аппаратов. Для линии используют одножильный или многожильный телефонный или монтажный провод с диаметром жилы не

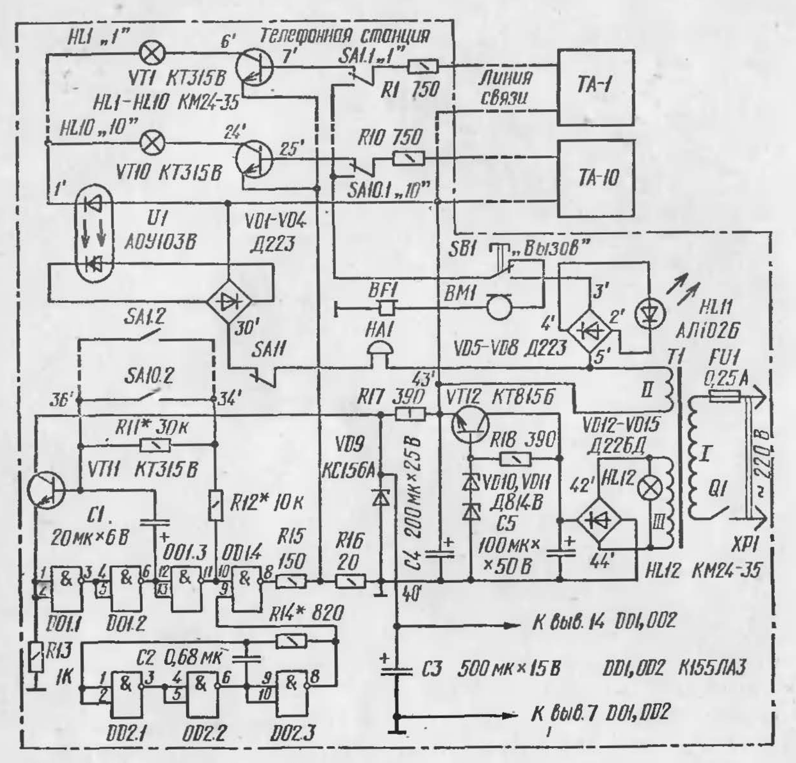


Рис. 2. Схема телефонной станции

менее 0,5 мм при больших расстояниях (до 1 км) и не менее 0,2 мм при малых (до 200 м).

Телефонная станция с коммутатором

Как было сказано выше, такая станция с центральным пультом — коммутатором рассчитана на подключение десяти телефонных аппаратов. Каждый абонент может связаться с дежурным на центральном пульте, а через него — с любым другим абонентом.

Принципиальная схема станции приведена на рис. 2. Знакомство с ее работой удобно начать с момента, когда с центрального пульта нужно связаться, например, с первым абонентом (владельцем аппарата *ТА-1*). В этом случае подвижные контакты переключателя *SA1* переводят в нижнее по схеме положение и нажимают кнопку переключателя *SB1* «Вызов». Переменное напряжение с обмотки *II* трансформатора *T1* подается через диодный мост *VD5 — VD8*, светодиод *HL11*, замкнутые контакты переключателя *SB1* и группу *SA1.1* переключателя *SA1*, резистор *R1* на телефонный аппарат *ТА-1* — в нем звенит звонок. Зажигающийся при этом светодиод сигнализирует о том, что линия связи исправна и сигнал вызова проходит к аппарату абонента. Как только абонент снимет трубку, можно вести разговор (разумеется, кнопка переключателя *SB1* уже отпущена). Разговорный ток проходит при этом по цепи: общий провод источника питания — телефон *BF1* и микрофон *BM1* телефонной трубки центрального пульта — нормально замкнутые контакты переключателя *SB1* — замкнутые контакты группы *SA1.1* — резистор *R1* — телефонный аппарат *ТА-1* — плюсовой вывод источника питания.

Предположим теперь, что абоненту аппарата *ТА-1* необходимо вызвать дежурного центрального пульта. Для этого ему достаточно снять трубку аппарата, и линия связи окажется соединенной через сопротивление аппарата и резистор *R1*. На базу транзистора *VT1* будет подано положительное напряжение. Транзистор откроется, и загорится сигнальная лампа *HL1*. Одновременно откроется фототиристор оптрона, и переменное напряжение с обмотки *II* трансформатора будет подано через диодный мост *VD1—VD4* на звонок *HA1*. Дежурный переведет ручку переключателя *SA1* в противоположное положение (по сравнению с показанным на схеме) и начнет разговаривать с абонентом.

Если же абонент аппарата *ТА-1* захочет связаться, например, с абонентом аппарата *ТА-10*, дежурный с помощью переключателей *SA10* и *SB1* вызывает этого абонента. Тот поднимает трубку, и абоненты могут вести разговор. Правда, громкость звука будет меньше, чем при разговоре с дежурным.

Как только какой-нибудь абонент этой станции поднимает трубку своего телефонного аппарата, в ней прослушиваются либо короткие, либо продолжительные звуковые сигналы («гудки»), поступающие в линии через эмиттерные переходы транзисторов *VT1—VT10* с делителя из резисторов *R15*, *R16*. Сигналы вырабатываются двумя генераторами. Частота первого генератора, собранного на логических элементах *DD2.1—DD2.3*,

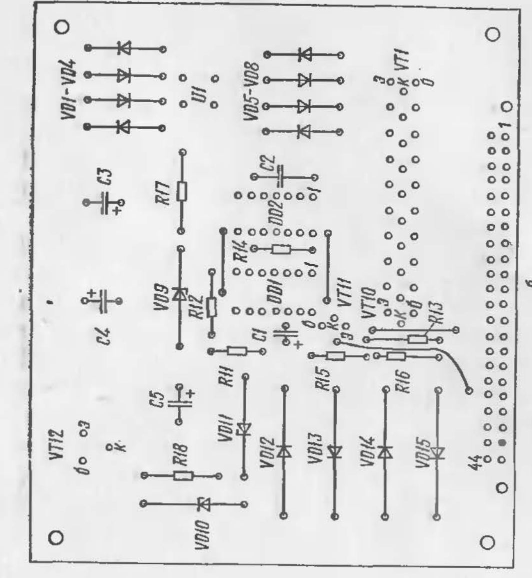
составляет 300...500 Гц, частота второго (он собран на элементах *DD1.1—DD1.3* и транзисторе *VT11*) — 0,3... 1,5 Гц. На логическом элементе *DD1.4* сигналы генераторов суммируются и с его выхода поступают на делитель *R15R16*.

Когда подвижные контакты переключателей *SA1—SA10* находятся в исходном положении, показанном на схеме, во времязадающую цепь второго генератора включены последовательно соединенные резисторы *R11* и *R12*. В поднятой трубке любого телефонного аппарата слышны «длинные гудки». Если подвижные контакты хотя бы одного из переключателей находятся в другом крайнем положении (нижнем по схеме), резистор *R11* замыкается и в линию поступают сигналы «коротких гудков», свидетельствующие о том, что дежурный центрального пульта с кем-то разговаривает.

Выключателем *SA11* при необходимости отключают звонок *HA1*. Резисторы *R1—R10* ограничивают базовые токи транзисторов *VT1—VT10*.

Для питания телефонной станции применен блок с двумя стабилизаторами. Первый выполнен на стабилитронах *VD10, VD11*, балластном резисторе *R18* и регулирующем транзисторе *VT12* и служит для питания разговорных цепей аппаратов и сигнализаторов вызова. Второй составлен из балластного резистора *R17* и стабилитрона *VD9* и необходим для питания генераторов.

Транзисторы *VT1—VT11* — любые из серий КТ312, КТ315, КТ603; *VT12* (его устанавливают на радиатор площадью поверхности не менее 20 см²) — любой из серий КТ801, КТ807, КТ815, КТ817. Оптрон *U1* — любой из серии АОУ103. При отсутствии оптрона можно воспользоваться несколько иной схемой коммутации, приведенной в описании телефонной станции в статье «Умельцы клуба «Электрон» в журнале «Радио», 1983, № 3, с. 51. Светодиод *HL11* — серий АЛ102, АЛ112, АЛ307 с любым буквенным индексом. Диоды *VD1—VD8* — любые из серий Д101, Д102, Д220, Д223, Д226; *VD12—VD15* — любые из серий Д7, Д226, КД209. Конденсаторы *C1—C5* — К50-3, К50-6, К50-12. Резисторы — МЛТ-1 *(R17)* и МЛТ-0,25 (остальные). Переключатели *SA1—SA10* — ТП1-2, выключатели *SA11, Q1* — ТВ2-1, кнопочный переключатель *SB1—КМ1*. Звонок *HA1* — от телефонного аппарата, сопротивлением обмотки 1...3 кОм, рассчитанный на работу от переменного напряжения.



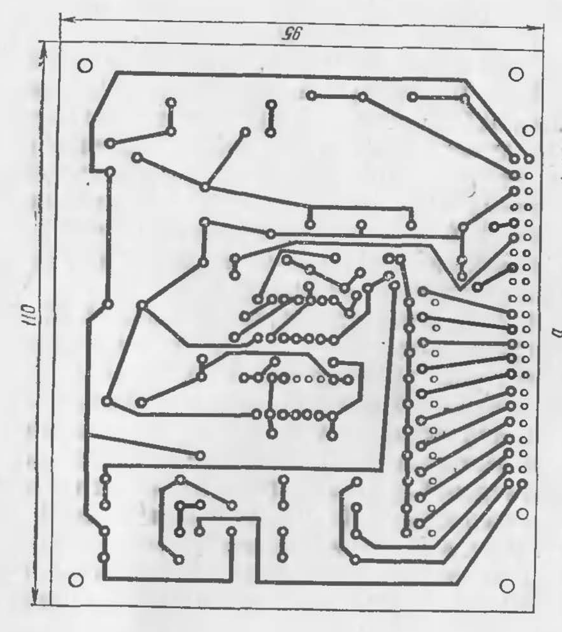


Рис. 3. Печатная плата (*а*) телефонной станции и расположение деталей на ней (*б*)

Телефон *BF1* и угольный микрофон *BM1* объединены в стандартной трубке телефонного аппарата.

Трансформатор питания *T1* выполнен на ленточном магнитопроводе ШЛ16×25. Обмотка *I* содержит 2200 витков провода ПЭВ-2 0,08, обмотка *II* — 360 витков ПЭВ-2 0,12, обмотка *III* — 240 витков ПЭВ-2 0,21.

Бо́льшая часть элементов телефонной станции смонтирована на печатной плате из фольгированного стеклотекстолита (рис. 3). Для соединения выводов деталей с остальными цепями пульта на плате можно предусмотреть монтажные точки или установить пустотелые заклепки. Автор решил этот вопрос установкой малогабаритного многоконтактного разъема МРН44-1. Для этого варианта нумерация контактов разъема показана на схеме цифрами со штрихами.

Налаживание станции сводится к подбору резистора *R14* по требуемой частоте (примерно 400 Гц) звукового сигнала, а также резисторов *R11* и *R12* по нужной длительности «гудков».

Автоматическая телефонная станция

Эта конструкция более сложная по сравнению с предыдущей, но зато и более совершенная — вызов абонента в ней осуществляется набором соответствующего номера (от 0 до 9) диском телефонного аппарата. Как и в настоящей АТС, предлагаемая самодельная станция обеспечивает дуплексную связь между двумя любыми абонентами, контроль прохождения вызова прослушиванием «длинных гудков» в трубке, сигнализацию занятости линий АТС («короткие гудки» в трубке), установку АТС в исходное состояние после того, как телефонные трубки положены на аппараты.

На рис. 4 приведена структурная схема АТС. Телефонные аппараты соединены с абонентским узлом, в котором размещены электронные реле, обеспечивающие связь между двумя абонентами и отключающие на это время другие аппараты. В узле сигналов и управления формируются импульсы набора (при возвратном вращении диска номеронабирателя), а также сигналы состояния линии — «непрерывный гудок» при свободной линии и «короткие гудки» в случае ее занятости. В узле набора номера идет подсчет импульсов, поступивших от номеронабирателя того или иного аппарата, и соединение

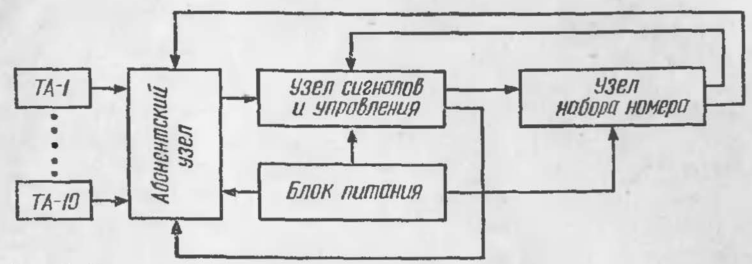


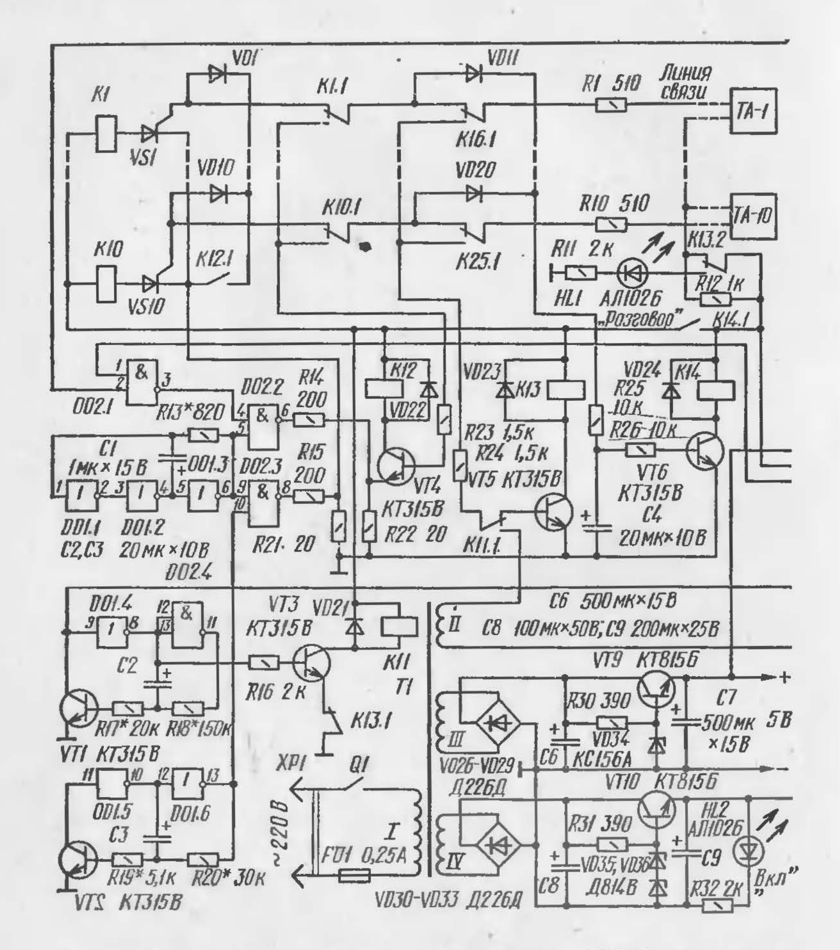
Рис. 4. Структурная схема АТС

абонентов. Блок питания обеспечивает АТС постоянным и переменным напряжениями.

А теперь рассмотрим работу АТС по ее принципиальной схеме (рис. 5). Когда первый абонент (владеющий аппаратом *ТА-1*) желает поговорить, скажем, с десятым, он снимает трубку телефонного аппарата. Через аппарат и нормально замкнутые контакты группы *К16.1* подается постоянное напряжение на базовую цепь транзистора *VT6*. После зарядки конденсатора *C4* транзистор открывается. Срабатывает реле *К14* и контактами *К14.1* подает питание на реле *К1—К13*, а контактами *К14.2* подготавливает микросхему *DD4* к работе.

Кроме того, при поднятой трубке аппарата *ТА-1* через него, резистор *R1*, нормально замкнутые контакты групп *К16.1, К1.1* и управляющий электрод тринистора *VS1* начинает протекать постоянный ток. Тринистор открывается, и включенное в его анодной цепи реле *К1* срабатывает. Протекающий через обмотку реле, а значит, анодную цепь тринистора ток превышает ток удержания тринистора, и тринистор останется включенным даже после прекращения тока через управляющий электрод (это произойдет после срабатывания реле *К1*).

Как только подвижный контакт группы *К1.1* реле *К1* соединится с нижним по схеме контактом, потечет ток через эмиттерный переход транзистора *VT4*. Транзистор откроется, сработает реле *К12*. При этом в телефонной трубке аппарата *ТА-1* абонент услышит непрерывный звуковой сигнал частотой около 400 Гц, означающий готовность станции к набору номера вызываемого абонента. Этот сигнал будет подан на линию связи через эмиттерный переход транзистора *VT4* и логический элемент *DD2.2* с генератора, собранного на логических элементах *DD1.1—DD1.3*. В то же время контакты *К12.1*



реле $K12$ соединяют через диоды $VD1—VD10$ управляющие электроды всех тринисторов с их катодами. Это предотвращает включение тринисторов $VS2—VS10$ при снятии трубок телефонных аппаратов TA-2—TA-10. Если же какая-то из трубок будет снята, абонент услышит прерывистые сигналы (линия занята), поступающие с делителя $R15R21$. Эти сигналы формируются в результате суммирования элементом $DD2.3$ сигналов частотой 400 Гц от генератора на элементах $DD1.1—DD1.3$ и сигналов частотой около 2 Гц от генератора на элементах $DD1.5$, $DD1.6$ и транзисторе $VT2$.

Далее первый абонент набирает номеронабирателем

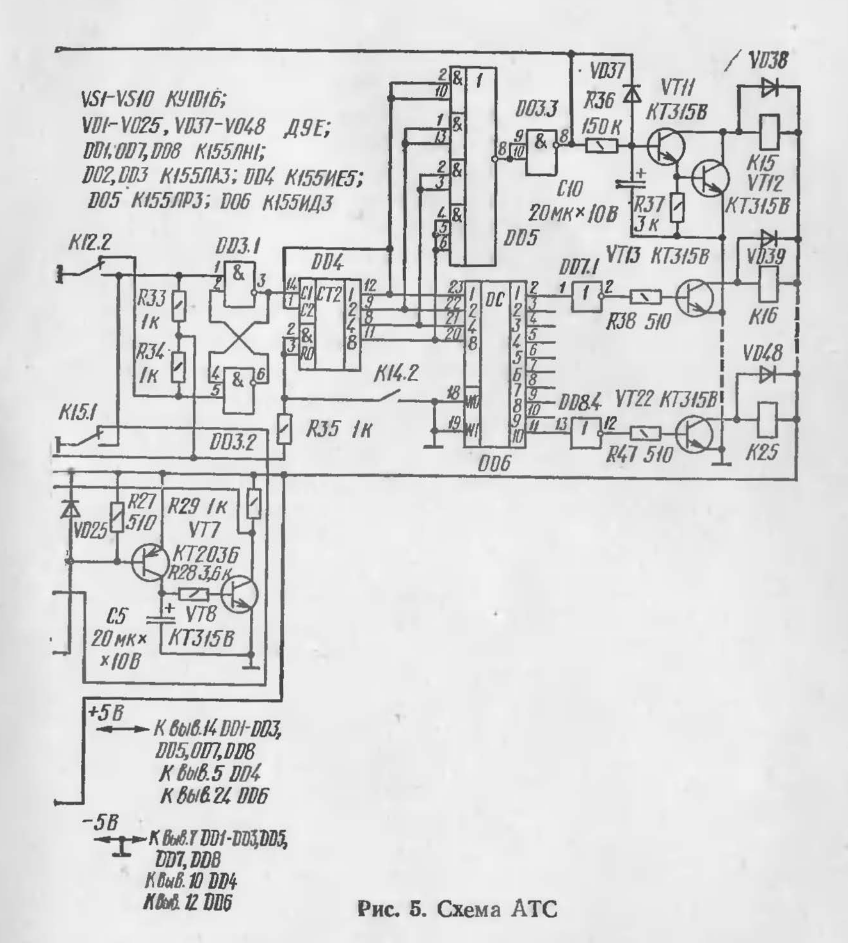


Рис. 5. Схема АТС

своего аппарата цифру 0, то есть номер десятого абонента. При возвратном вращении диска номеронабирателя ток в цепи базы транзистора $VT4$ прервется десять раз и столько же отпустит и сработает реле $K12$. Его контакты $K12.2$ совместно с RS-триггером на логических элементах $DD3.1$ и $DD3.2$ сформируют соответствующее число импульсов, которые поступят на счетчик $DD4$. Выходы счетчика соединены со входами дешифратора-демультиплексора $DD6$, преобразующего двоично-десятичный код в десятичный. При наличии на стробирующих входах (выводы *18* и *19*) уровня логической 1 на всех выходах дешифратора будет уровень логической 1.

Если же на стробирующих входах будет уровень логического 0, на одном из выходов также появится уровень логического 0, причем номер этого выхода будет соответствовать десятичному эквиваленту двоичного числа, записанного в счетчик после набора номера.

После прихода первого импульса набора на выходе микросхемы *DD5* (она выполняет операцию 4ИЛИ-НЕ) появляется уровень логического 0. Он инвертируется элементом *DD3.3*, и с выхода элемента уровень логической 1 поступает на один из входов логического элемента *DD2.1*. На выходе этого элемента появляется уровень логического 0, что запрещает подачу непрерывного сигнала в линию первого абонента («длинный гудок» прекращается). Одновременно через резистор *R36* начинает заряжаться конденсатор *C10*.

Итак, на вход счетчика поступило десять импульсов. Сигнал логического 0 на десятом выходе микросхемы *DD6* (вывод 11) поступит на элемент *DD8* и проинвертируется им. Выходной сигнал элемента откроет транзистор *VT22*. Сработает реле *K25*. Через группу контактов *K25.1* оно соединит аппарат *ТА-10* с аппаратом *ТА-1*.

Через 2...3 с после набора номера конденсатор *C10* зарядится настолько, что сработает реле *K15*. Его контакты *K15.1* подадут сигнал логического 0 на вход элемента *DD3.1* (теперь через него импульсы на вход счетчика не пройдут, а значит, не пройдут и помехи, способные вызвать ошибку в наборе) и одновременно отключат коллектор транзистора *VT1* от общего провода. Начнет работать генератор, собранный на логических элементах *DD1.4*, *DD2.4* и транзисторе *VT1*. Частота импульсов генератора равна примерно 0,2 Гц. С такой частотой контакты реле *K11.1* будут подключать провод линии связи телефонного аппарата ТА-10 (через резистор *R24*) то к обмотке *II* трансформатора *T1*, то к базе транзистора *VT5*.

Если линия исправна, переменный ток вызова будет проходить через резистор *R27* и создавать на нем падение напряжения, открывающее транзисторы *VT7*, *VT8*. При этом в линию аппарата *ТА-1* будет поступать переменное напряжение частотой 400 Гц, и первый абонент услышит длинные прерывистые сигналы вызова. А в аппарате *ТА-10* в это время будет звонить звонок.

Когда десятый абонент снимет трубку, сработает реле *K13*. Контактами *K13.1* оно разомкнет эмиттерную

цепь транзистора *VT3* и выключит реле *K11*, а группой контактов *K13.2* разомкнет выводы резистора *R12* и подаст напряжение на светодиод *HL1*. Абоненты могут вести разговор. Как только они положат трубки, АТС возвратится в исходное состояние.

Чтобы при наборе номера реле *K14* не отпускало, в станцию введена цепочка задержки *R25C4R26*. Диод *VD25* защищает эмиттерный переход транзистора *VT7* от воздействия на него обратного напряжения, а конденсатор *C7* сглаживает пульсации напряжения частотой 50 Гц на базе транзистора *VT8*. Диод *VD37* способствует быстрой разрядке конденсатора *C10* при возвращении станции в исходное состояние.

Питается АТС от двух стабилизированных источников. Первый собран на диодах *VD26—VD29*, стабилитроне *VD34*, транзисторе *VT9*. Он выдает напряжение питания микросхем. Второй, собранный на диодах *VD30—VD33*, стабилитронах *VD35*, *VD36* и транзисторе *VT10*, питает цепи электронных реле. Работа этого источника контролируется светодиодом *HL2*.

В станции использованы следующие детали. Транзисторы *VT1—VT6*, *VT8*, *VT11*, *VT12* — любые из серий КТ312, КТ315, КТ603; *VT7* — любой из серий КТ203 (кроме КТ203А), МП25, МП26; *VT9*, *VT10* — КТ801, КТ807, КТ815, КТ817 (кроме КТ815А, КТ817А) с любыми буквенными индексами. Тринисторы *VS1—VS10* — любые из серии КУ101. Светодиоды — любые из серий АЛ102, АЛ112, АЛ307. Диоды *VD26—VD33* могут быть Д7, Д226, КД209 с любыми буквенными индексами, остальные — любые из серий Д9 (кроме Д9Б), Д311, Д220, Д223. Конденсаторы — К50-6. Электромагнитные реле *K1—K11*, *K15--K25* — РЭС-15, паспорт РС4.591.004, *K12—K14* — РЭС-47, паспорт РФ4.500.408.

Трансформатор *T1* выполнен на ленточном магнитопроводе ШЛ16×25. Обмотка *I* содержит 2200 витков провода ПЭВ-2 0,11, обмотка *II* — 360 витков ПЭВ-2 0,12, обмотка *III* — 70 витков ПЭВ-2 0,33, обмотка *IV* — 240 витков ПЭВ-2 0,23. Выключатель питания, телефонные аппараты — такие же, что и в предыдущей конструкции.

Большинство деталей АТС размещено на четырех платах (рис. 6—9), изготовленных из текстолита толщиной 1,5 мм. На каждой плате смонтирован функционально законченный узел или блок, показанный на структурной схеме (см. рис. 4). Это позволяет вносить изме-

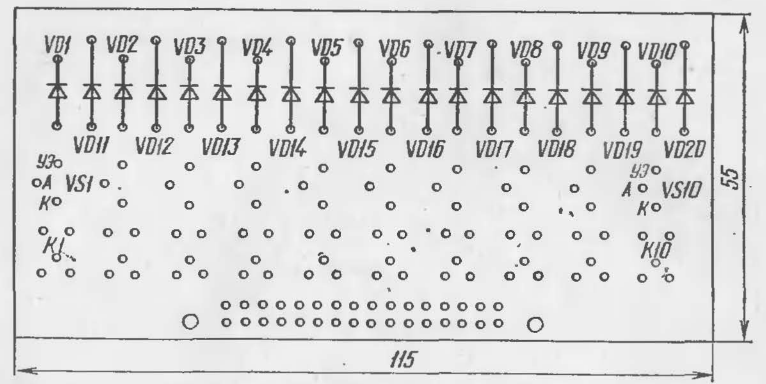


Рис. 6. Расположение деталей на плате абонентского узла

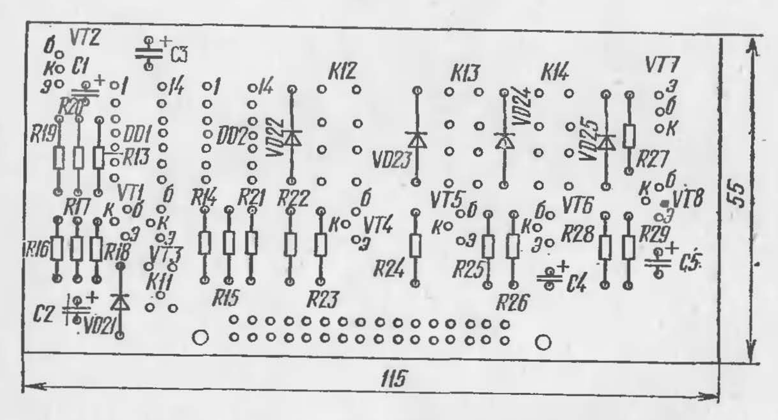


Рис. 7. Расположение деталей на плате узла сигналов и управления

нения и усовершенствования в конструкцию отдельных каскадов, узлов, а также заменять узлы другими, разработанными самостоятельно. Кроме того, можно применить печатный монтаж. По этим причинам даны лишь чертежи расположения деталей на платах. Соединения между деталями на платах выполнены одножильным монтажным проводом диаметром 0,3...0,4 мм в поливинилхлоридной изоляции. К каждой плате прикреплена штыревая часть разъема МРН32. Гнездовые части разъема установлены на общей плате (рис. 10). Для надежной фиксации плат в вертикальном положении применены две пластины из текстолита размерами 130×10 мм, в

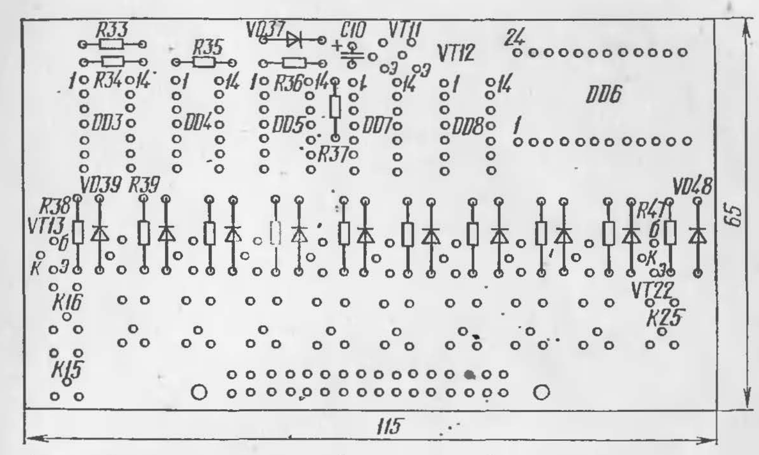


Рис. 8. Расположение деталей на плате набора номера

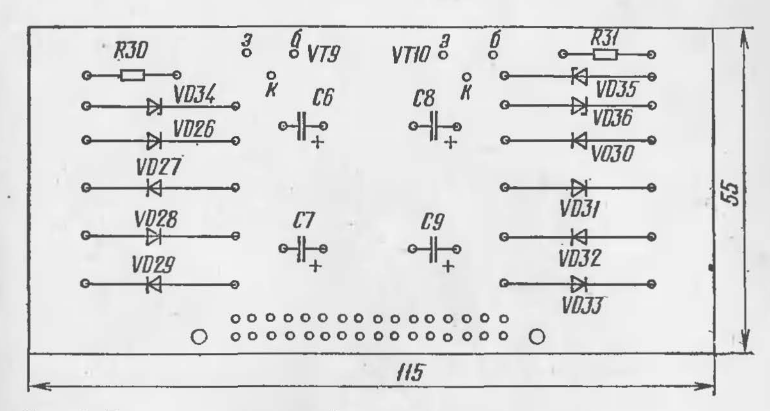
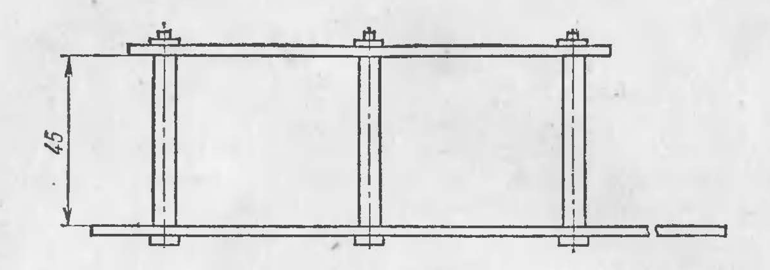


Рис. 9. Расположение деталей на плате блока питания

каждой из которых прорезаны четыре паза шириной на 0,5 мм больше, чем толщина материала монтажных плат, и глубиной 3...4 мм. Эти пластины установлены на общей плате с помощью шести металлических стоек. На общей плате смонтирован также трансформатор питания.

Узлы АТС размещены в металлическом корпусе размерами 210×140×100 мм, на верхней панели которого укреплены планка с зажимами для подключения линий связи телефонных аппаратов, выключатель питания,



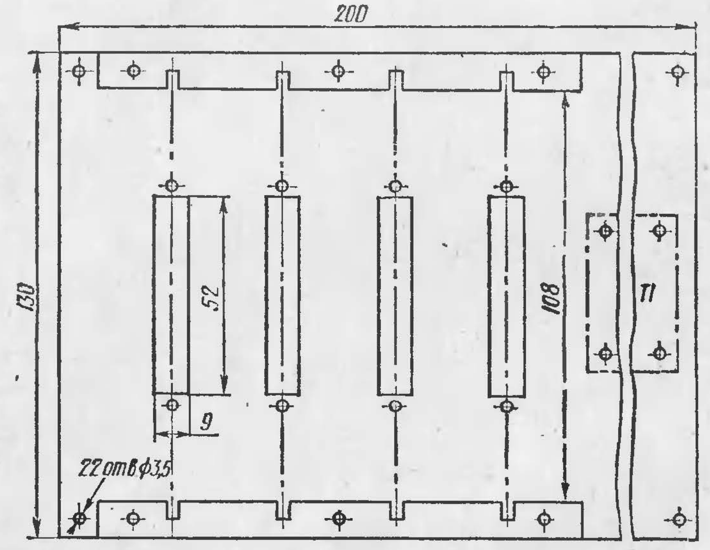


Рис. 10. Крепление плат узлов и блока питания

держатель предохранителя с предохранителем и светодиоды.

Если станция собрана без ошибок и из исправных деталей, ее налаживание сводится к подбору резисторов *R13, R17—R20*, определяющих частоты генераторов. Если же после включения станция не работает, поиск ошибок и неисправностей следует вести в следующей последовательности.

Вначале измеряют напряжения источников питания. На конденсаторе *C7* напряжение должно быть 4,8...5,2 В, на конденсаторе *C9* — 22...25 В. Затем проверяют ток, потребляемый от источника 5 В блоком набора номера,— он должен составлять 120...160 мА (но не более 200 мА). Подавая импульсы на вход *C1* микросхемы *DD4*, проверяют работу счетчика и дешифратора (при этом на выводы *2* и *3* микросхемы *DD4* должен быть подан сигнал логического 0). Работу остальных узлов — абонентского, сигналов и управления проверяют в совокупности со всеми остальными.

Электронный номеронабиратель

В описанных телефонных станциях используются телефонные аппараты с механическим номеронабирателем. Пользоваться аппаратом станет удобнее, если снабдить его кнопочным (тастатурным) электронным номеронабирателем. Тогда для вызова абонента достаточно будет нажать соответствующую кнопку.

Схема аппарата с таким номеронабирателем приведена на рис. 11. Основу его составляет число-импульсный генератор, выполненный на микросхемах *DD1—DD3*. Он формирует количество импульсов, соответствующее номеру нажатой кнопки (выключатели *SB1—SB10*). На логических элементах *DD1.3, DD1.4* собран генератор, формирующий импульсы с частотой следования 15... 20 Гц, которые поступают на двоично-десятичный счетчик *DD2*. Элементы *DD1.1* и *DD1.2* использованы в ждущем мультивибраторе, который позволяет устранить дребезг контактов кнопочных выключателей.

Предположим, что трубка телефонного аппарата снята, и подвижные контакты рычажного переключателя *SA1* заняли другое, по сравнению с показанным на схеме, положение. На элементы число-импульсного генератора подано напряжение питания. Транзисторы *VT1, VT2* закрыты, на выводах *2* и *3* микросхемы *DD2* — уровень логической 1, на всех выводах счетчика — уровень логического 0. На выводах *2—11* микросхемы *DD3* — уровень логической 1.

При нажатии кнопки любого из выключателей, например *SB10*, через диод *VD1* и резистор *R2* быстро зарядится конденсатор *C3*, транзисторы *VT1, VT2* откроются, и на выводах *2* и *3* микросхемы *DD2* окажется уровень логического 0. Счетчик *DD2* готов к приему импульсов. Одновременно на вывод *2* элемента *DD1.1* поступает уровень логической 1, и начинает работать генератор на логических элементах *DD1.3, DD1.4*. При этом

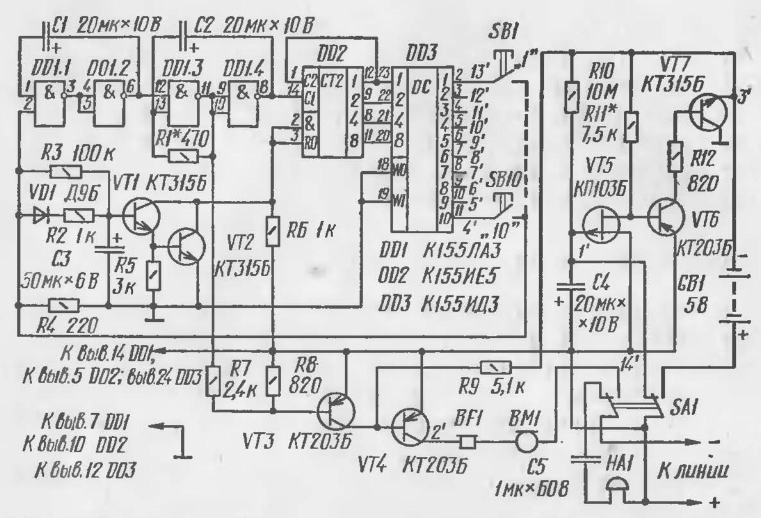


Рис. 11. Схема телефонного аппарата с электронным номеронабирателем

на выводах дешифратора *DD3* поочередно появляется сигнал логического 0. Как только он появится на выводе *11*, через замкнутые контакты кнопочного выключателя *SB10* он поступит на вход элемента *DD1.1*, и генератор выключится. Кнопку выключателя теперь можно отпустить. С генератора (вывод *11* микросхемы *DD1*) на базу транзистора *VT3* поступит ровно десять импульсов. Столько же раз электронный ключ на транзисторах *VT3, VT4* замкнет и разомкнет линию (через телефон *BF1* и микрофон *BM1*), что вызовет срабатывание соответствующих реле в АТС. Через 2...3 с после отпускания кнопки конденсатор *C3* разрядится через резисторы *R3, R4*, и микросхема *DD2* установится в исходное состояние.

Рассмотрим работу телефонного аппарата с кнопочным номеронабирателем в различных режимах. В исходном состоянии телефонная трубка лежит на аппарате, и контакты рычажного переключателя *SA1* подключают к линии звонок *HA1* через конденсатор *C5*. Батарея питания отключена. При снятии трубки контакты рычажного переключателя включают питание и подключают транзисторный ключ, телефон и микрофон к линии. Транзистор *VT4* открыт, поскольку его база подключена через резистор *R9* к минусовому выводу батареи питания. Линия в этом случае замкнута через малые сопротивления транзистора *VT4*, телефона и микрофона. При поступлении импульса на транзистор *VT3* транзистор *VT4* закрывается — сопротивление линии резко возрастает.

Познакомимся теперь с работой узла отключения батареи *GB1* от элементов устройства — он собран на транзисторах *VT5—VT7*. Когда подвижный контакт верхней группы переключателя *SA1* соединяется с нижним по схеме контактом, начинает заряжаться конденсатор *C4*. В это время транзистор *VT7* открыт, и на микросхемы подается питание. Можно нажимать кнопку выключателя с номером нужного абонента. Через некоторое время (десятки секунд), определяемое в основном емкостью конденсатора *C4* и сопротивлением резистора *R10*, открывается полевой транзистор *VT5*, что приводит к закрыванию транзистора *VT7*. Теперь ток цепи питания будет определяться в основном сопротивлением резистора *R11* и сопротивлением резистора *R9*, обеспечивающего открытое состояние транзистора *VT4* (через участок коллектор-эмиттер этого транзистора протекает разговорный ток). Для повторного вызова абонента нужно опустить трубку на аппарат, чтобы контакты рычажного переключателя возвратились в исходное положение и разрядили конденсатор *C4*, а затем поднять ее.

Батарея питания может состоять из четырех последовательно соединенных аккумуляторов Д-0,25 или гальванических элементов. Конденсатор *C5* — типа МБМ, МБГО, КЛС на номинальное напряжение не ниже 60 В, остальные конденсаторы — К50-6 или другие. Кнопочные выключатели *SB1—SB10* — любой конструкции. Удобно использовать, например, блоки кнопок от вышедших из строя вычислительных машин и микрокалькуляторов.

Часть деталей устройства размещена на плате из фольгированного стеклотекстолита (рис. 12). На плате установлен разъем МРН14-1, нумерация выводов которого показана на рис. 11 цифрами со штрихами. Плата и остальные детали установлены в корпусе телефонного аппарата, из которого удалены номеронабиратель, согласующий трансформатор и другие ненужные детали.

Налаживание устройства начинают с установки перемычки между эмиттером и коллектором транзистора *VT7*. После этого подбором резистора *R1* устанавливают частоту генератора, равную 15...20 Гц. Затем снимают

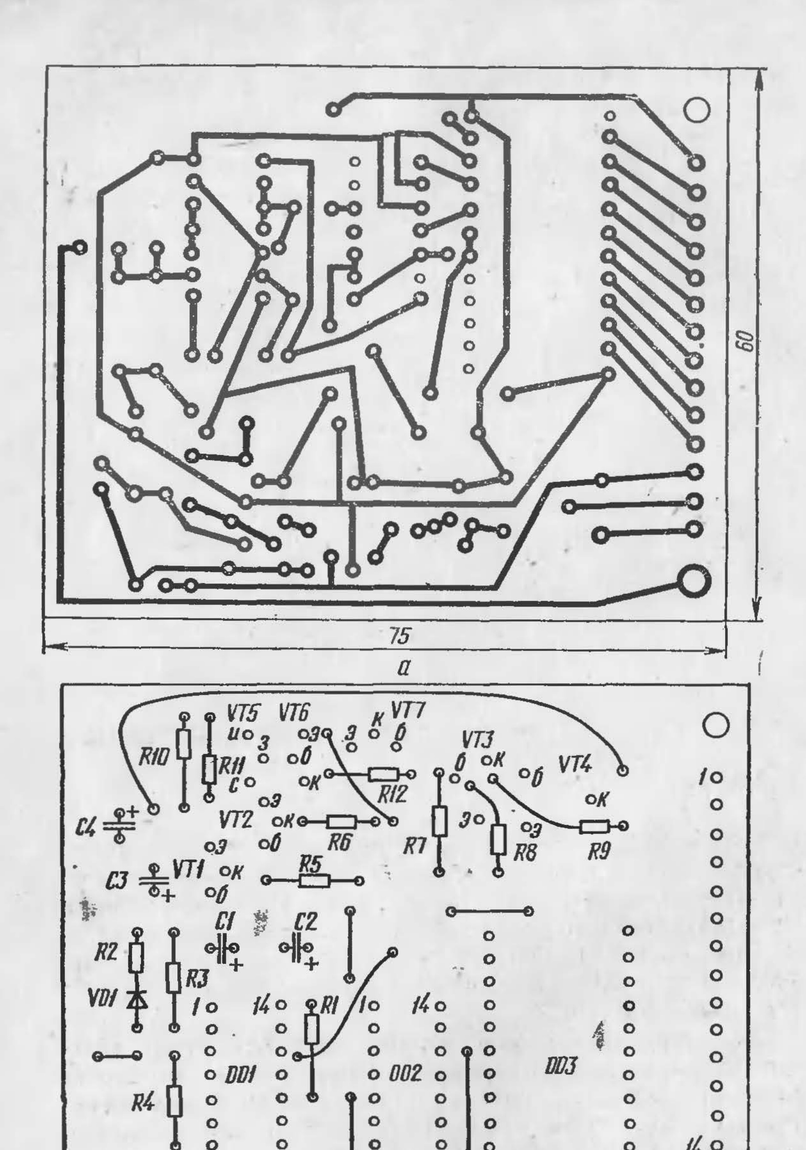


Рис. 12. Печатная плата (*а*) электронного номеронабирателя и расположение деталей на ней (*б*)

перемычку и налаживают узел отключения батареи. Отключив резистор *R9*, вместо резистора *R11* впаивают последовательно соединенные постоянный резистор сопротивлением 1 кОм и переменный резистор сопротивлением 15 кОм, а в разрыв цепи питания включают миллиамперметр. Через 20...30 с после включения питания, когда конденсатор *C4* зарядится до напряжения открывания транзистора *VT5*, перемещением движка переменного резистора в сторону увеличения сопротивления устанавливают ток 0,7...1 мА. Измеряют общее получившееся сопротивление и впаивают в плату постоянный резистор такого же сопротивления. Вновь подключают резистор *R9*.

В заключение следует отметить, что кнопку набора номера нужно удерживать нажатой в течение 0,5...1 с, чтобы вся серия импульсов была введена в счетчик АТС. Кроме того, телефонный аппарат необходимо подключать к линии АТС в соответствии с указанной на схеме полярностью.

КОММУТАТОР «БЕГУЩАЯ ВОЛНА»

Д. Приймак

Большой популярностью у радиолюбителей пользуются переключатели елочных гирлянд, а также переключатели иллюминации, создающие эффект «бегущей волны». Об одном таком переключателе рассказывалось в статье Л. Соколова «Трехфазный переключатель елочных гирлянд» в сборнике «В помощь радиолюбителю», вып. 65 (М., ДОСААФ, 1979).

Несмотря на достоинства этого переключателя (бестрансформаторное питание, значительная мощность нагрузки каждого канала, регулирование одним переменным резистором направления и скорости движения «световых волн»), при эксплуатации его выявились и некоторые недостатки. Так, отсутствие фиксированного смещения на базах транзисторов мультивибратора и малое сопротивление резистора в цепи эмиттеров усложняли запуск мультивибратора, поэтому приходилось после включения устройства пользоваться кнопкой

запуска. Из-за значительного коллекторного тока транзисторов, необходимого для надежного открывания тринисторов, требовался гасящий резистор большой мощности (8 Вт). Кроме того, температурная нестабильность частоты переключения мультивибратора приводила к уходу установленной скорости движения «волн», что требовало частой ее подстройки.

В предлагаемом устройстве — коммутаторе гирлянд (рис. 1) учтены перечисленные недостатки. Световой эффект «бегущая волна» обеспечивает четырехфазный (а не трехфазный) мультивибратор, выполненный на кремниевых транзисторах. Напряжение смещения на базах транзисторов мультивибратора фиксировано и определяется падением напряжения на резисторе *R22*. Коллекторный ток этих транзисторов уменьшен до 0,3 мА, а сопротивление общего эмиттерного резистора *R19* составляет немногим более половины сопротивления коллекторной нагрузки «ячейки» мультивибратора. Эти меры обеспечили надежный самозапуск мультивибратора.

Для увеличения стабильности скорости движения «световых волн» собственная частота переключения мультивибратора выбрана значительно ниже требуемой и синхронизирована частотой высокостабильного генератора, выполненного по схеме релаксационного генератора на аналоге однопереходного транзистора. Синхронизирующие положительные импульсы частотой следования около 400 Гц поступают на базы транзисторов мультивибратора через разделительные диоды и вызывают принудительное переключение мультивибратора.

Каждый каскад мультивибратора дополнен транзистором структуры *n-p-n*, причем его коллектор подключен к базе транзистора мультивибратора, а база соединена с коллектором последнего через конденсатор связи небольшой емкости. При открывании транзистора мультивибратора открывается и дополнительный транзистор, а поскольку между ними существует положительная обратная связь, оба они на время зарядки конденсатора связи входят в насыщение (работая как аналог тринистора). Через управляющий переход тринистора, включенный в цепи эмиттера дополнительного транзистора, протекает импульс тока длительностью в несколько микросекунд и силой до 400 мА. Затем дополнительный транзистор закрывается, а транзистор мульти-

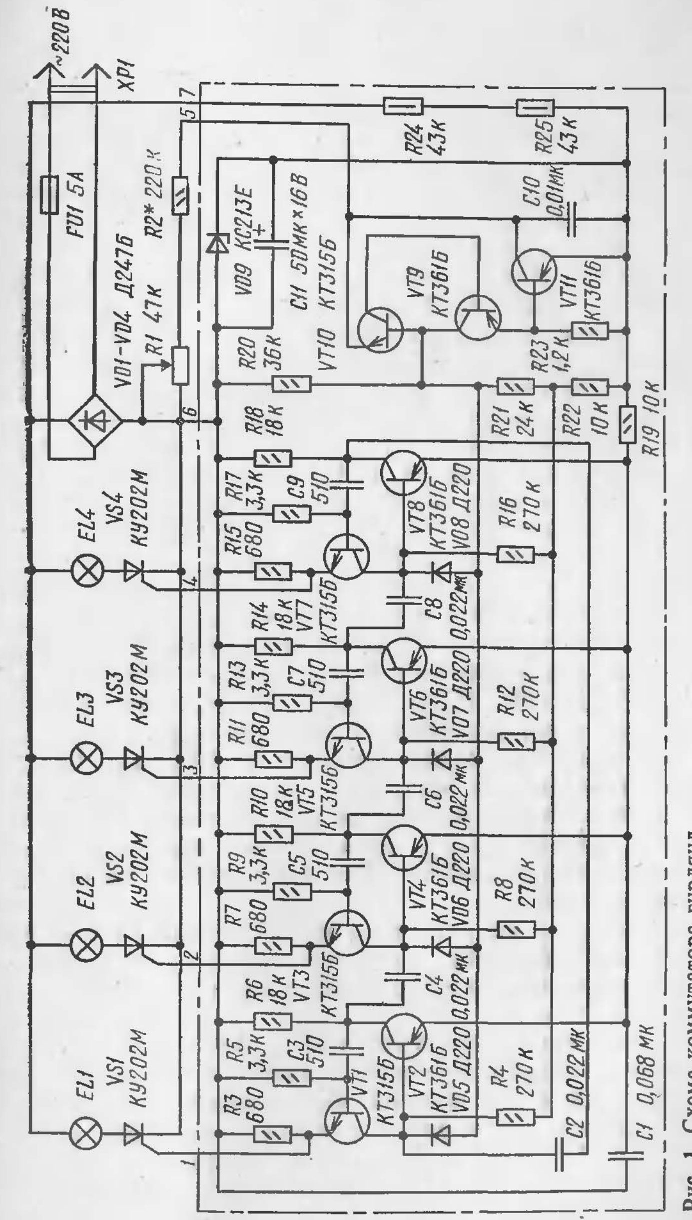


Рис. 1. Схема коммутатора гирлянд

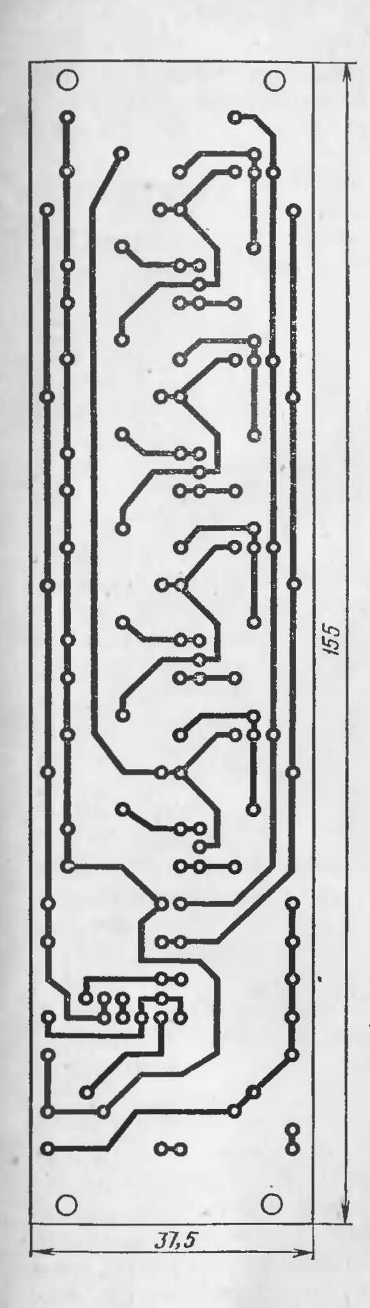
вибратора выходит из насыщения и остается открытым до прихода очередного синхронизирующего импульса. Источником энергии для формирования мощных импульсов служит конденсатор *C1*.

Питается узел управления тринисторами коммутатора напряжением около 13 В, получаемым с помощью цепи из гасящих резисторов *R24*, *R25*, стабилитрона *VD9* и конденсатора *C11*. Для уменьшения пульсаций питающего напряжения ток через стабилитрон превышает ток потребления узла управления в 5...7 раз.

В коммутаторе использованы резисторы МЛТ-0,5 (*R24*, *R25*) и МЛТ-0,125 (остальные), причем конструкция печатной платы позволяет устанавливать и резисторы МЛТ-0,25, МЛТ-0,5. Транзисторы могут быть указанных на схеме серий с любыми буквенными индексами. Вместо диодов Д220 подойдут любые другие из серий КД102—КД104, Д104—Д106, Д220, Д223. Конденсаторы — КМ-3, КМ-4, КМ-6 или КТ-1. Конденсатор *C1* может быть типа МБМ емкостью 0,05 мкФ на номинальное напряжение 160 В; *C11* — К50-20, К50-29 или К50-31 (емкостью 47 мкФ), а также К50-12 (емкостью 50 мкФ). Тринисторы могут быть КУ202К—КУ202Н или КУ201К, КУ201Л (в последнем случае допустимая мощность нагрузки каждого канала должна быть несколько ниже — не более 600 Вт.) Вместо диодов Д247Б подойдут Д246—Д246Б, Д247, Д248Б. Стабилитрон КС213Е выбран из-за его способности работать при малых токах стабилизации. Его можно заменить на Д813 или Д814Д, подобрав резисторы *R24*, *R25*, но лучшие результаты дает использование в качестве стабилитрона двух транзисторов серий КТ315, соединенных последовательно эмиттерными переходами (выводы коллекторов остаются свободными).

Детали узла управления можно смонтировать на печатной плате (рис. 2), а силовую часть коммутатора — на плате из изоляционного материала с применением навесного монтажа.

Налаживание коммутатора сводится к настройке генератора синхронизирующих импульсов на частоту 400 Гц. Для этого движок переменного резистора *R1* устанавливают примерно в среднее положение, вместо резистора *R2* временно впаивают переменный резистор сопротивлением 470 кОм, подключают к тринисторам нагрузку. Включают коммутатор в осветительную сеть



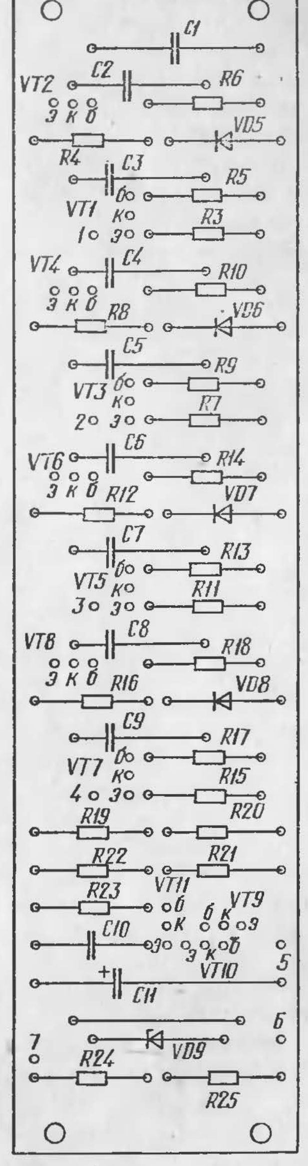


Рис. 2. Печатная плата (*а*) узла управления и расположение деталей на ней (*б*)

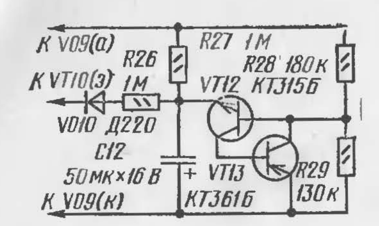


Рис. 3. Схема приставки к коммутатору

и перемещением движка временного переменного резистора добиваются очень медленного переключения источников света. Измерив сопротивление временного переменного резистора, заменяют его постоянным резистором такого же сопротивления.

Несколько разнообразить световой эффект можно с помощью приставки к коммутатору, собранной по схеме на рис. 3. Теперь скорость перемещения «световых волн» будет периодически сначала, скажем, плавно замедляться в течение 10 с, а затем плавно возрастать в течение такого же времени.

РАДИОЛЮБИТЕЛЮ-КОНСТРУКТОРУ

ГЕНЕРАТОРЫ СТАБИЛЬНОГО МИКРОТОКА НА КРЕМНИЕВЫХ БИПОЛЯРНЫХ ТРАНЗИСТОРАХ

А. Аристов

Генераторы стабильного постоянного тока все чаще применяются в радиолюбительских конструкциях. Разработано немало подобных генераторов, но в режиме микротоков (от сотен до долей микроампера) обычно используют лишь известный генератор стабильного тока на полевом транзисторе. Его большая популярность объясняется тем, что является двухполюсником и может быть без особых сложностей введен в любую цепь. Однако параметры такого генератора не всегда удовлетворяют конструктора и, кроме того, полевые транзисторы стоят намного дороже биполярных.

Вот почему члены радиокружка клуба юных техников Первоуральского новотрубного завода, которым руководит автор, решили испытать в режиме микротоков некоторые генераторы на кремниевых биполярных маломощных транзисторах. Результаты первых опытов были настолько обнадеживающими, что было предпринято специальное исследование, в ходе которого пришлось испытать многие известные устройства на одном или двух транзисторах, а также их варианты. Испытанные генераторы надежно работали при токах до долей микроампера и обладали несколько лучшими параметрами по сравнению с генератором на полевом транзисторе. В настоящей статье описываются лишь некоторые из испытанных генераторов.

Прежде всего были измерены параметры генератора стабильного тока на полевом транзисторе, собранном по схеме на рис. 1. На этой схеме, как и на последующих, указаны динамическое выходное сопротивление ($R_д$), а также минимальное напряжение ($U_{мин}$), при котором генератор еще сохраняет работоспособность. Под этим напряжением следует понимать разность между

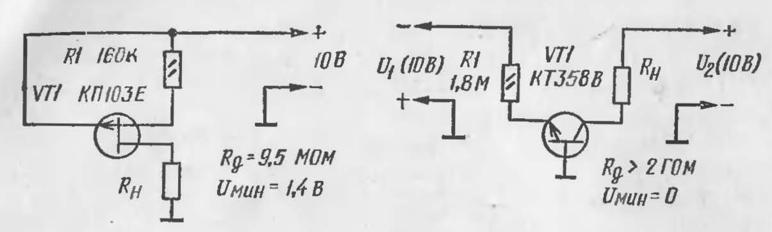


Рис. 1. Схема генератора стабильного микротока на полевом транзисторе

Рис. 2. Схема генератора стабильного микротока с двуполярным источником питания

напряжением питания и падением напряжения на нагрузке. Ток через нагрузку ($R_н$) во всех генераторах равен 5 мкА. Динамическое выходное сопротивление определялось как частное от деления изменения (в небольших пределах) напряжения питания на изменение тока нагрузки (в роли нагрузки использовался микроамперметр М273 с током полного отклонения стрелки 6 мкА).

Полевой транзистор взят с начальным током стока 0,9 мА, напряжением отсечки 0,8 В и крутизной характеристики 1,1 мА/В. Биполярные транзисторы во всех последующих устройствах выбраны со статическим коэффициентом передачи тока, измеренным при фиксированном токе коллектора 1 мА, равным 100.

Среди генераторов стабильного тока (как выяснилось, и микротока тоже), собранных на биполярных транзисторах, наилучшие параметры оказались у генератора, схема которого приведена на рис. 2. Стабильность его выходного тока (через нагрузку $R_н$) почти целиком зависит от стабильности напряжения питания U_1 и может быть достаточно высокой. Небольшое влияние температурной нестабильности напряжения на эмиттерном переходе ($U_{бэ}$) уменьшается при увеличении указанного напряжения питания. Динамическое выходное сопротивление генератора настолько велико, что удалось определить только гарантированную нижнюю границу его, реальное значение может быть в десятки раз больше.

Двуполярное питание описанного генератора можно создать искусственно (рис. 3) с помощью делителя напряжения *R1R2*. Правда, при этом несколько увеличивается напряжение $U_{мин}$, приблизительно до значения падения напряжения на резисторе *R2*. В ряде случаев

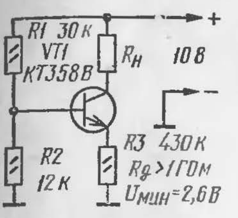


Рис. 3. Схема генератора стабильного микротока с однополярным источником питания

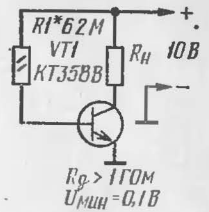


Рис. 4. Схема простого генератора стабильного микротока

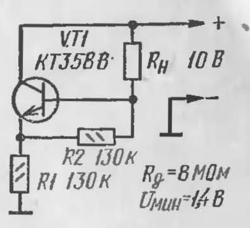


Рис. 5. Схема генератора стабильного микротока на эмиттерном повторителе

этот резистор выгодно заменить стабилитроном, например, при нестабильном напряжении питания.

Генератор, собранный по схеме на рис. 4, несколько проще, но обладает недостатками. Главный из них — значительная нестабильность выходного тока от температуры. При ее увеличении на 1 °С ток через нагрузку возрастает примерно на 2 %. Однако этот недостаток превращается в достоинство, если генератор используют как датчик температуры или элемент термокомпенсации. Кроме того, на практике встречаются случаи, когда на первый план выдвигается требование простоты схемы и приемлема даже такая нестабильность. К недостаткам можно отнести и трудность приобретения резистора *R1* с большим сопротивлением.

Генератором стабильного тока может стать эмиттерный повторитель на кремниевом транзисторе (рис. 5), причем транзистор одновременно способен выполнять функции повторителя напряжения, усилителя мощности, инвертора фазы и другие. Ток нагрузки здесь является суммой двух составляющих: тока через резистор *R2* и тока базы транзистора. Первая составляющая стабильна благодаря тому, что напряжение на резисторе *R2* стабилизировано на уровне примерно 0,6 В подключенным параллельно ему эмиттерным переходом кремниевого транзистора. Нестабильность создает значительно меньшая по значению вторая составляющая, поскольку базовый ток изменяется при изменении напряжения на нагрузке.

Измерения температурной нестабильности тока нагрузки показали, что увеличение температуры на 1 °С уменьшает ток нагрузки примерно на 0,3 %. Именно

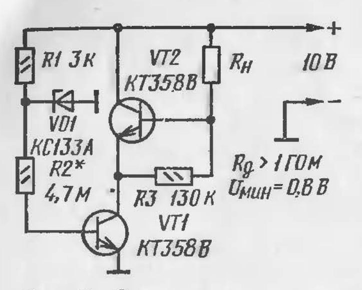


Рис. 6. Схема генератора стабильного микротока с термокомпенсацией

Рис. 7. Схема ждущего мультивибратора с генератором стабильного микротока

такое значение имеет температурная нестабильность напряжения на эмиттерном переходе транзистора.

Генератор стабильного микротока, построенный по схеме рис. 6, отличается от предыдущего тем, что вместо резистора *R1* установлен дополнительный генератор стабильного тока на транзисторе *VT1*. Очевидным следствием такой замены является, во-первых, резкое возрастание выходного динамического сопротивления. Кроме того, генератор позволяет добиться высокой температурной стабильности тока нагрузки благодаря тому, что нагрев транзистора *VT2* приводит к уменьшению этого тока, а нагрев *VT1* — к увеличению. Подбором резистора *R2* можно добиться почти полной термокомпенсации тока нагрузки.

Для иллюстрации возможностей генератора стабильного микротока на основе эмиттерного повторителя служит ждущий мультивибратор (одновибратор), собранный по схеме на рис. 7. В нем генератор выполняет роли усилителя, инвертора и элемента зарядки времязадающего конденсатора *C2*. Благодаря генератору удалось получить заданную длительность выходного импульса (1 мс) при относительно небольшой емкости конденсатора *C2*. Длительность импульса прямо пропорциональна номиналам деталей *R2, C2* и напряжению источника питания.

Разработан ждущий мультивибратор для того, чтобы удовлетворить потребность нашего радиокружка в экономичном импульсном устройстве, не потребляющем энергию в паузах между импульсами, надежном и стабильном в работе, чувствительном, простом по схеме, допускающем плавную регулировку (изменением сопро-

тивления резистора *R2*) длительности выходного импульса в широком диапазоне, способном работать на мощную нагрузку или при низком напряжении питания.

Мощность входного импульса может быть небольшой, но достаточной для приоткрывания транзистора *VT2* настолько, чтобы приоткрылся транзистор *VT1*. Тогда последует лавинообразный процесс насыщения транзистора *VT2*, и напряжение на выходе мультивибратора упадет практически до нуля. Конденсатор *C2* начнет линейно заряжаться, а ток коллектора транзистора *VT1* линейно уменьшаться, пока не станет настолько малым, что транзистор *VT2* начнет закрываться. В этот момент произойдет лавинообразный процесс закрывания обоих транзисторов, а затем разрядка конденсатора *C2* через резисторы *R1, R2, R4*. Время восстановления составляет не более половины длительности выходного импульса, передний фронт которого весьма крутой, а задний немного затянут (около 2 мкс).

Ждущий мультивибратор способен работать, например, на лампу накаливания, но для этого нужно уменьшить сопротивление резистора *R1* пропорционально уменьшению сопротивления нагрузки.

ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ ВМЕСТО... ГЕНЕРАТОРА

Л. Сенин

Как известно, контакты выключателей и переключателей создают при коммутации (замыкании или размыкании) импульсные помехи. Это явление называют «дребезгом контактов». Такие помехи способны нарушить работу импульсных устройств, собранных на цифровых интегральных микросхемах, поэтому для устранения их влияния ставят различные защитные устройства.

В то же время «дребезжащий» выключатель — это готовый «генератор» импульсов, число которых при каждом замыкании или размыкании неодинаково — оно изменяется и от силы и от скорости нажатия на кнопку выключателя (если выключатель кнопочный). На основе такого «генератора» можно собрать простое игровое

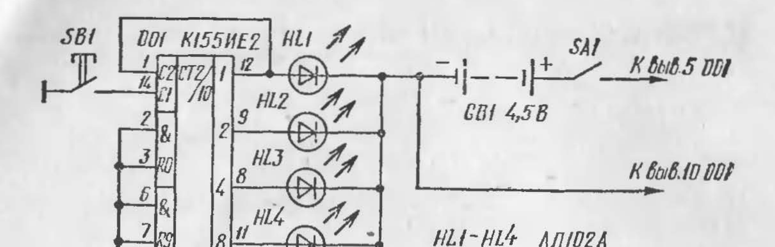


Рис. 1. Схема генератора случайных чисел

устройство — генератор случайных чисел (рис. 1), в котором помимо кнопочного выключателя используются счетчик импульсов *DD1* и индикаторы состояния счетчика — светодиоды *HL1—HL4*.

При каждом нажатии на кнопку выключателя на вход счетчика будет поступать разное (случайное) число импульсов дребезга, и будут светиться один или несколько светодиодов или ни один из них. Каждому светодиоду присвоен свой «вес» (1, 2, 4, 8), поэтому, суммируя их, можно получить различные «случайные числа».

Устройство монтируют в небольшой шкатулке со съемной задней стенкой (рис. 2). На лицевой панели шкатулки укрепляют выключатель питания *SA1* и кнопочный выключатель *SB1* (типа П2К). В отверстиях в лицевой панели устанавливают светодиоды. Микросхему и источник питания (батарея 3336) размещают внутри шкатулки.

Устройство налаживания не требует и начинает работать сразу.

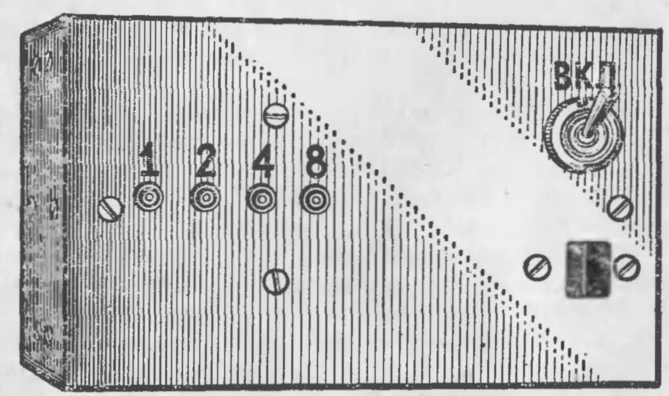


Рис. 2. Внешний вид генератора

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

ПРИБОР ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ТРЕНИРОВКИ АККУМУЛЯТОРОВ

А. Коробков

Описываемый прибор предназначен для обслуживания кислотных аккумуляторных батарей с номинальным напряжением 12 В и емкостью от 40 до 100 А·ч. Основное «заболевание» таких батарей — сульфатация, вызывающая повышение внутреннего сопротивления и снижение емкости батареи [1—4]. Один из наиболее известных методов борьбы с сульфатацией заключается в периодической (1—2 раза в год) разрядке батареи малым током (не более 0,05 ее емкости) и последующей зарядке ее таким же током [1—3].

Менее известен способ десульфатации, предусматривающий зарядку аккумуляторной батареи циклами: 6...8 ч зарядки током 0,04...0,06 от значения емкости с перерывом не менее 8 ч. В течение перерыва электродные потенциалы на поверхности и в глубине активной массы пластин аккумуляторов выравниваются, более плотный электролит из пор пластин диффундирует в межэлектродное пространство, при этом напряжение аккумулятора понижается, а плотность электролита увеличивается.

В предлагаемом приборе использован псевдокомбинированный способ, при котором производится разрядка до напряжения на каждом аккумуляторе 1,7...1,8 В, а затем последующая зарядка циклами. Критерием, используемым при управлении процессом зарядки, является напряжение на аккумуляторной батарее, функционально связанное со степенью заряженности ее [5]. Зарядка в каждом цикле заканчивается при достижении на клеммах батареи напряжения 14,8...15 В, а возобновляется при снижении его до 12,8...13 В. О таком способе зарядки рассказано в статье [6].

Прибор для автоматической тренировки аккумуляторов (ПАТА) проводит разрядку батареи до напряжения 10,5...10,8 В, автоматически переключается на режим зарядки и осуществляет ее циклами, как указано выше. Прибор работает в трех режимах. В первом режиме («1Ц») возможны два варианта: либо зарядка циклами, либо разрядка до напряжения 10,5...10,8 В, а затем зарядка циклами. В следующем режиме («NЦ») происходит многократный переход от зарядки к разрядке при достижении на клеммах аккумуляторной батареи напряжения 14,8...15 В и от разрядки к зарядке при напряжении на клеммах 10,5...10,8 В. Третий режим («НЗ») соответствует работе обычного зарядного устройства без автоматики.

Разряжается батарея током 2...1,7 А, а заряжается током 2 или 5 А (в первом случае он изменяется от 2 до 1,5 А, во втором — от 5,8 до 4,5 А).

Прибор питается от сети переменного тока напряжением 220 В и потребляет не более 25 Вт при отсутствии зарядки и не более 180 Вт при максимальном зарядном токе.

Принципиальная схема прибора приведена на рис. 1. Понижающий трансформатор *T1* обеспечивает на вторичной обмотке переменное напряжение около 19 В. С помощью диодов *VD1—VD4* получается пульсирующее напряжение амплитудой около 27 В, а после диода *VD5* на конденсаторе *C1* образуется постоянное напряжение около 26 В, необходимое для питания узла автоматики. Пульсирующее напряжение подается на анод тринистора *VS1*. Если на управляющий электрод тринистора подать соответствующее напряжение, тринистор откроется и пропустит ток для зарядки аккумуляторной батареи через лампы *HL2—HL6* и выключатель *SA3*. Ток зарядки ограничивается лампами накаливания *HL6* (в режиме «2А») или *HL4—HL6* (в режиме «5А»). Разряжается батарея через транзистор *VT13* и резисторы *R25*, *R26*.

Управляются тринистор и транзистор *VT13* узлом автоматики. Он содержит источник образцового напряжения (резистор *R15*, диоды *VD9*, *VD10*), пороговый выключатель разрядки (транзисторы *VT7*, *VT8*, резисторы *R17—R20*), усилитель сигнала разрядного тока (транзисторы *VT10—VT12*), пороговый переключатель зарядки (транзисторы *VT3—VT6* с соответствующими

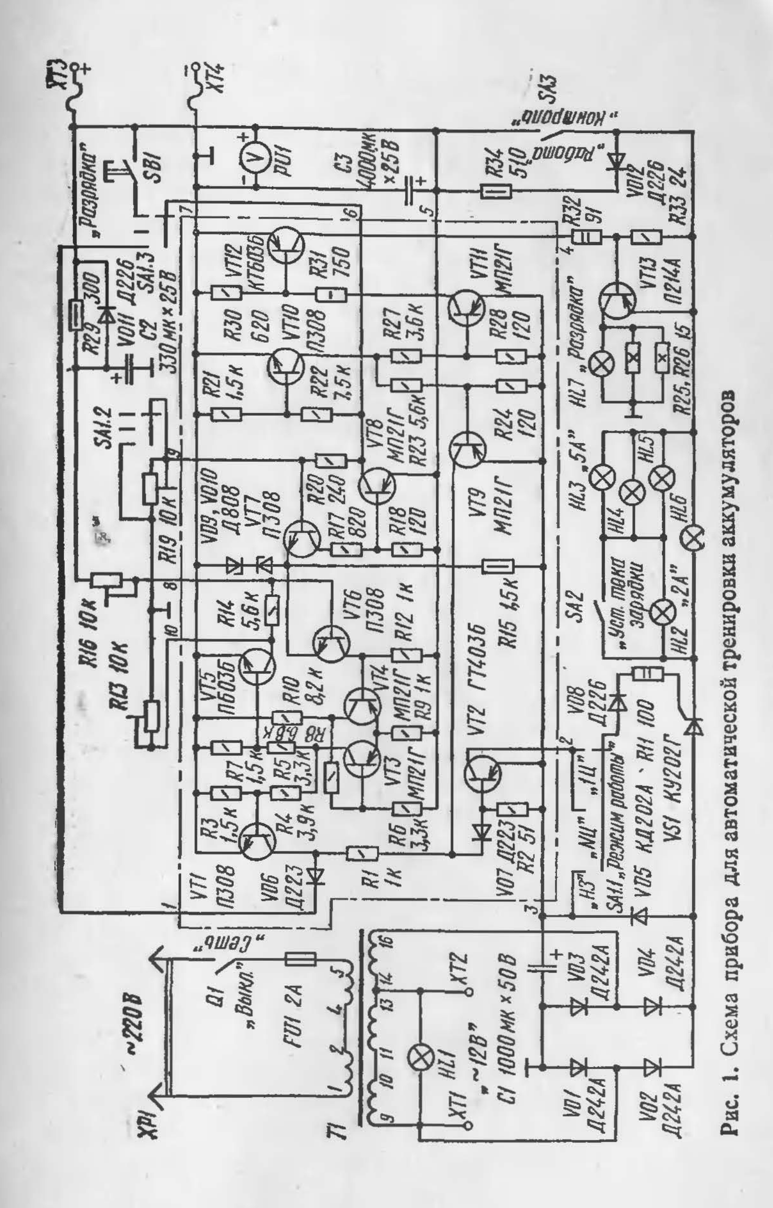


Рис. 1. Схема прибора для автоматической тренировки аккумуляторов

резисторами, включая *R13, R16*), усилитель сигнала зарядного тока (транзисторы *VT1, VT2*) и элементы запрета сигнала зарядки (диод *VD7*, транзистор *VT9*). Рассмотрим работу этих каскадов.

Пороговый переключатель разрядки подключен к выходным зажимам прибора *XT3, XT4*, предназначенным для подключения аккумуляторной батареи. Имеющееся на них напряжение является одновременно и питающим и контролируемым напряжением выключателя.

Радиолюбителям известен аналог тринистора, состоящий из двух транзисторов разной структуры. Аналог способен по внешнему сигналу переходить в открытое состояние и сохранять его, пока хотя бы один из транзисторов находится в насыщении. Выключение наступает при снижении тока до порогового значения, когда оба транзистора выходят из насыщения. Пороговый выключатель выполнен с аналогичными связями, но не непосредственными, а через резисторы, причем эмиттер одного из транзисторов подключен к образцовому напряжению, а база — к делителю напряжения. Благодаря этому пороговый выключатель обладает температурной стабильностью напряжения порога выключения. Настраивают выключатель на пороговое напряжение (10,5...10,8 В) подстроечным резистором *R19*.

Усилитель сигнала разрядного тока состоит из цепочки транзисторов с чередующейся структурой. Транзисторы работают в ключевом режиме. Работа одного из них *(VT11)* поставлена в зависимость от наличия напряжения 26 В. Это сделано для прекращения разрядки батареи в случае аварийного выключения сетевого напряжения.

Пороговый переключатель зарядки состоит из транзисторного усилителя *(VT6)*, триггера Шмитта *(VT3, VT4)* и ключевого транзистора *(VT5)*. Последний предназначен для устранения влияния нижнего порога переключения (резистор *R13*) на верхний (резистор *R16*).

Усилитель зарядного тока, как и разрядного, состоит из цепочки транзисторов разной структуры, работающих в ключевом режиме. При этом коллекторный ток транзистора *VT1* может протекать через базовую цепь транзистора *VT2*, когда закрыт транзистор *VT9* (т. е. нет разрядки). Диод *VD7* повышает надежность закрывания транзистора *VT2* при открывании транзистора *VT9*

(когда идет разрядка батареи и ток через управляющий электрод тринистора не должен протекать).

Диод *VD8* защищает управляющий электрод тринистора от обратного тока, который мог бы быть при выключении сети и подключенной аккумуляторной батарее.

Цепочка *C2, R29, VD11* нужна для случая зарядки глубоко разряженной или сульфатированной батареи, когда на ее клеммах может возникнуть пульсирующее напряжение. Благодаря диоду *VD11* на конденсаторе *C2* оказывается сглаженное напряжение. Без этой цепочки выбросы напряжения могли бы раньше времени вывести пороговый выключатель из режима зарядки.

Конденсатор *C3* играет роль своеобразного аккумулятора и используется для контроля исправности прибора. В положении «Контроль» выключателя *SA3* он может заряжаться только через диод *VD12* и резистор *R34*, а разряжаться через узел автоматики. Поскольку в режимах «1Ц» и «NЦ» процессы зарядки и разрядки происходят с периодом повторения около 1 с, на вольтметре *PU1* наблюдаются колебания стрелки, отражающие напряжения порогов переключения и управляемость всех цепей зарядки и порогового выключателя.

Зажимы *XT1* и *XT2* с напряжением 12,6 В предназначены для подключения вулканизатора, лампы подсветки, малогабаритного паяльника и другой нагрузки мощностью до 100 Вт.

Рассмотрим более подробно работу прибора в различных режимах при установке выключателя *SA3* в положение «Контроль» (аккумуляторная батарея не подключена).

В режиме «1Ц» после подачи на блок сетевого напряжения на конденсаторе *C3* напряжение не повышается, потому что отсутствует ток базы транзистора *VT1*. Чтобы обеспечить начальные условия работы, переключателем *SA1* кратковременно устанавливают режим «НЗ» и возвращают в положение «1Ц». После этого пороговый переключатель начинает работать, запрещая зарядку при повышении напряжения на конденсаторе выше установленного максимума (14,8...15 В) и разрешая, если оно стало ниже установленного минимума (12,8...13 В).

При переводе переключателя *SA1* в режим «NЦ» на коллектор транзистора *VT8* подается через диод *VD6* напряжение, и пороговый выключатель срабатывает,

разрешая разрядку. При этом открытый транзистор *VT9* запрещает зарядку, и конденсатор *C3* разряжается через узел автоматики до напряжения 10,5...10,8 В.

После опрокидывания порогового выключателя транзистор *VT9* закрывается, коллекторный ток транзистора *VT1* протекает через диод *VD7* и базовую цепь транзистора *VT2*. Этот транзистор, а вслед за ним и тринистор открываются. Через конденсатор *C3* протекает зарядный ток, и напряжение на конденсаторе повышается до 14,8...15 В.

Во время указанного контроля остаются непроверенными элементы разрядки, поскольку такие дефекты, как обрыв в цепях транзисторов *VT11—VT13*, никак не отразятся на показаниях вольтметра *PU1*. Для контроля работы этих элементов выключатель *SA3* устанавливают в положение «Работа» — тогда в режиме «NЦ» конденсатор *C3* будет разряжаться в основном через транзистор *VT13*. В результате начнет мигать лампа *HL7* «Разрядка», свидетельствуя об исправности цепей разрядки.

Аналогично работает прибор с подключенной аккумуляторной батареей. В режиме «1Ц» сразу начинается зарядка циклами (имеется в виду, что напряжение батареи не превышает порогового напряжения 12,8...13 В). Горит лампа *HL2* при зарядном токе 2 А или *HL3* при токе 5 А. Нажатием кнопочного выключателя *SB1* «Разрядка» на запускающий вход порогового выключателя подается напряжение, в результате чего он срабатывает. Разрядка индицируется лампой *HL7*.

В режиме «NЦ» при подключении аккумуляторной батареи работа может начаться как с зарядки, так и с разрядки — в зависимости от того, в каком режиме в момент включения находился пороговый выключатель. При желании установить какой-то конкретный режим, переключатель *SA1* сначала устанавливают в положение «1Ц», а после этого — в положение «NЦ».

В режиме неавтоматической зарядки («НЗ») контакты переключателя блокируют пороговый выключатель, и тринистор управляется непосредственно от источника постоянного тока.

Какие детали использованы в приборе? Постоянные резисторы *R25, R26* — остеклованные проволочные типа ПЭВ-10, остальные — МЛТ указанной на схеме мощности, подстроечные резисторы *R13, R16, R19* — типа ППЗ

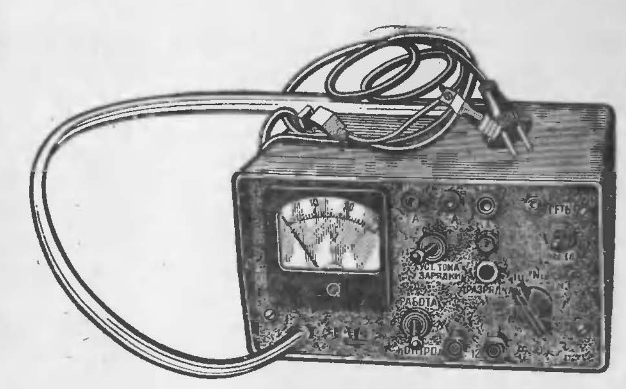


Рис. 2. Внешний вид прибора

или другие. Кроме указанных на схеме, транзисторы *VT1, VT6, VT7, VT10* могут быть П307, П307В, П309; *VT2* — ГТ403А, ГТ403В—ГТ403Ю; *VT3, VT4, VT8, VT9, VT11* — МП20, МП20А, МП20Б, МП21, МП21А—МП21Е; *VT5, VT12* — КТ603А, КТ608А, КТ608Б; *VT13* — любой из серий П214—П217. Диоды *VD1—VD4* могут быть, кроме указанных на схеме, Д242, Д243, Д243А, Д245, Д245А, Д246, Д246А, Д247; *VD5* — КД202Б—КД202С; *VD6, VD7* — Д223А, Д223Б, Д219А, Д220; *VD8, VD11, VD12* — Д226В—Д226Д, Д206—Д211; вместо стабилитронов Д808 подойдут Д809—Д813, Д814А—Д814Д. Тринистор может быть КУ202А—КУ202Н.

Конденсаторы *C1, C3* — К50-6; *C2* — К50-15. Лампы *HL1—HL3, HL7* — СМ28, *HL4—HL6* — автомобильные на напряжение 12 В и мощность 50+40 Вт (используется нить на 50 Вт). Выключатель *Q1* — тумблер ТВ (ТП), выключатели *SA2, SA3* — тумблеры ВБТ, кнопочный выключатель *SB1* — КМ-1, переключатель *SA1* — типа ПКГ (ЗПЗН). Трансформатор *T1* — готовый, ТН-61-220/127-50 (номинальная мощность 190 Вт). Вольтметр постоянного тока — типа М4200 со шкалой на 30 В.

Конструкция прибора показана на рис. 2 и 3. Основой его является основание размерами 240×225 мм из дюралюминия толщиной 3 мм. К основанию прикреплены лицевая панель, монтажная плата с деталями узла автоматики, конденсаторы *C1, C3*, трансформатор питания, задняя и боковая монтажные платы.

На лицевой панели расположены органы управления и индикации, а также зажимы *XT1, XT2*. На задней

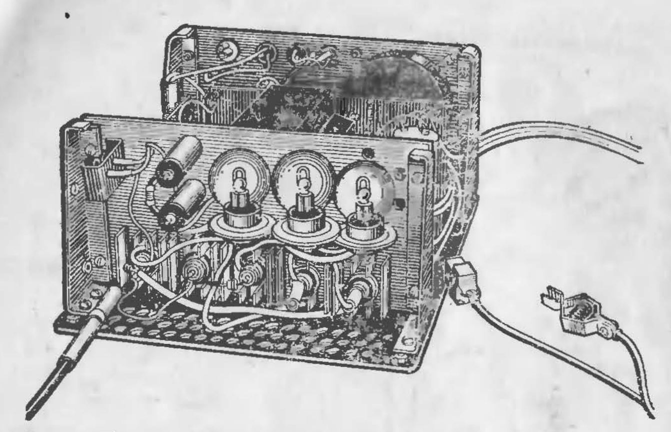


Рис. 3. Вид на монтаж прибора

монтажной плате, изготовленной из стеклотекстолита толщиной 3 мм (размеры платы 105×215 мм), смонтированы диоды *VD1—VD4* (на ребристых радиаторах), диод *VD5*, тринистор (на ребристом радиаторе), транзистор *VT13* (на П-образном радиаторе), резисторы *R25, R26*, лампы *HL4—HL6*. На боковой монтажной плате, установленной рядом с трансформатором, смонтированы резисторы *R11, R29, R32—R34*, диоды *VD8, VD11, VD12*, конденсатор *C2*, подстроечные резисторы.

Для подключения аккумуляторной батареи через отверстие в лицевой панели выведен шланг с двумя толстыми проводами и маркированными (знаками «+» и «—») зажимами на концах. Сверху блок прикрыт кожухом, изготовленным из листового алюминия.

Чертеж платы узла автоматики приведен на рис. 4. К основанию ее крепят с помощью двух Г-образных уголков-кронштейнов.

Для налаживания прибора понадобятся регулируемый источник постоянного тока с максимальным напряжением 15 В и током нагрузки не менее 0,2 А, контрольный вольтметр или сигнальная лампа на напряжение 27 В.

Перед налаживанием движки подстроечных резисторов устанавливают в положение максимального сопротивления, контрольный вольтметр или сигнальную лампу подключают между выводом *2* платы узла автоматики и общим проводом (зажим *XT4*), а источник питания

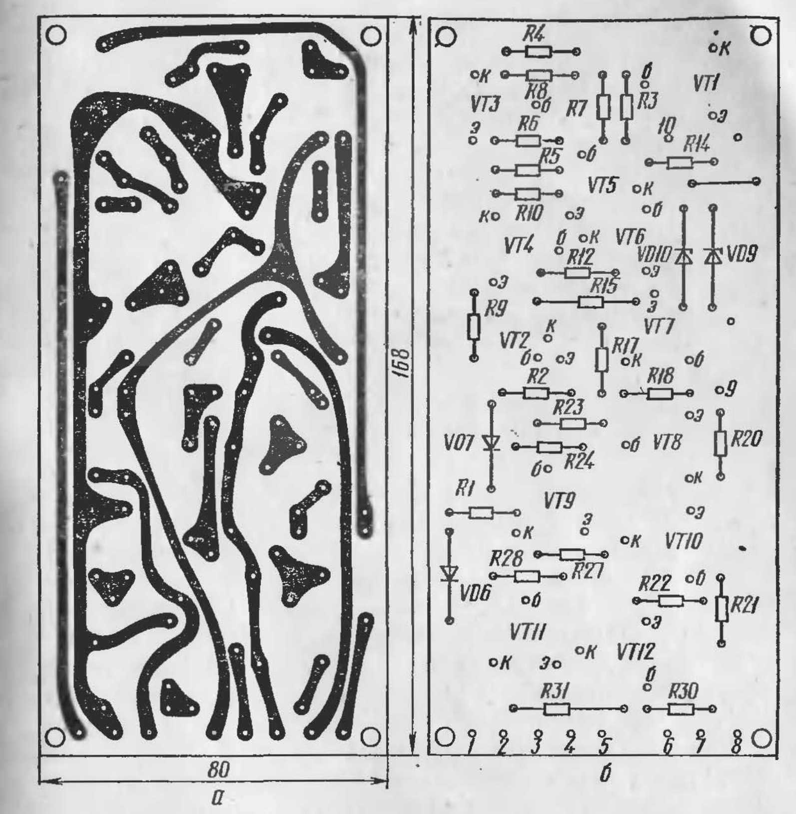


Рис. 4. Печатная плата (*а*) узла автоматики и расположение деталей на ней (*б*)

подключают (с соблюдением полярности) к выходным зажимам прибора. Переключатель *SA1* устанавливают в положение «1Ц», выключатель *SA3* — в положение «Контроль». Выходное напряжение источника постоянного тока должно быть 14,8...15 В.

После включения прибора в сеть на контрольном вольтметре должно быть напряжение около 26 В. Плавно перемещая движок подстроечного резистора *R16*, добиваются, чтобы контрольное напряжение упало скачком до нуля.

Устанавливают на источнике напряжение 12,8...13 В и плавно перемещают движок резистора *R13* до появления на контрольном вольтметре скачком напряжения

26 В. Нажимают кнопку *SB1* — контролируемое напряжение вновь должно упасть до нуля. Установив на источнике напряжение 10,5...10,8 В, перемещают движок резистора *R19* до появления на контрольном вольтметре напряжения 26 В.

После этого следует проверить и при необходимости подобрать точнее уровни срабатывания автомата при изменении напряжения источника питания.

Установка верхнего порога 15 В не вызывает выкипания электролита после полной зарядки батареи, потому что батарея в этом случае включается автоматом на зарядку на 8...10 мин и отключается примерно на 2 ч. Наблюдения показали, что при работе в таком режиме даже в течение нескольких месяцев уровень электролита в банках аккумуляторов не понижается.

Прибор демонстрировался на 32-й Всесоюзной выставке творчества радиолюбителей-конструкторов ДОСААФ и был отмечен дипломом второй степени.

Литература

1. Ильин Н. М. Электрооборудование автомобилей.— М.: Транспорт, 1974.
2. Вершигора В. А. Автомобили ВАЗ.— М.: Транспорт, 1974.
3. Алексахин К. Эксплуатация и хранение аккумуляторов.— Радио, 1963, № 4.
4. Галкин Ю. М. Электрооборудование автомобилей и тракторов.— М.: Машиностроение, 1967.
5. Зорохович А. Е. Устройства для заряда и разряда аккумуляторных батарей.— М.: Энергия, 1975.
6. Wittke A.— Automatisches Ladegerät für Autoakus.— Funkschau, 1978, № 25.

ДВУПОЛЯРНЫЙ БЛОК ПИТАНИЯ

Л. Климович

Для работы различных устройств на транзисторах и микросхемах зачастую требуется двуполярный блок питания со стабилизированным выходным напряжением и защитным устройством, предохраняющим сам блок и питаемое устройство от последствий короткого замыкания и перегрузок.

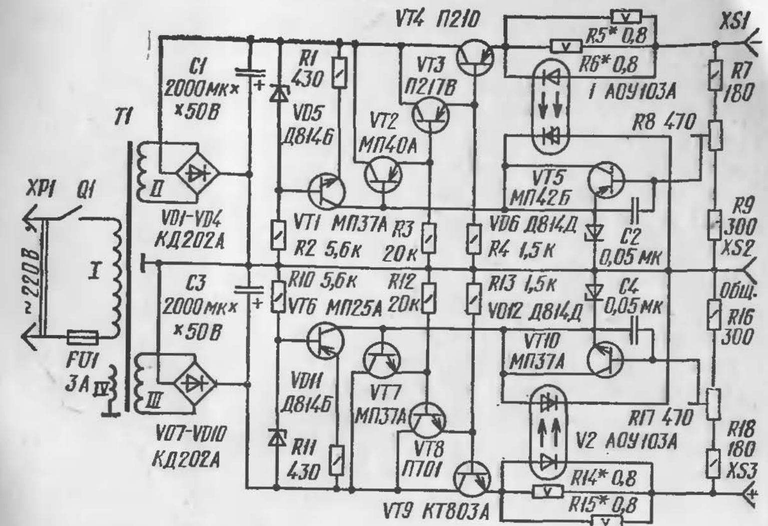


Рис. 1. Схема двуполярного блока питания

Подсобный блок питания можно собрать по схеме, приведенной на рис. 1. Он содержит сравнительно немного деталей и при безошибочном монтаже практически не требует налаживания. Вместе с тем он обладает сравнительно высокими характеристиками. Выходное напряжение блока можно плавно регулировать от 13 до 30 В по обоим выходам, при этом максимальный ток нагрузки может достигать 3 А. Порог срабатывания защиты также регулируемый и может быть установлен (подстроечными резисторами *R5* и *R14*) в пределах 0,4...3 А, время срабатывания не превышает 15 мкс. Напряжение пульсаций при токе нагрузки 2,7 А составляет 0,4 мВ, выходное сопротивление — 0,065 Ом, коэффициент стабилизации — 2000.

Каждое плечо блока питается от отдельной обмотки сетевого трансформатора *T1* через выпрямитель, выполненный по двухполупериодной мостовой схеме (диоды *VD1—VD4* и *VD7—VD10*). Конденсаторы *C1* и *C3* сглаживают пульсации выпрямленного напряжения.

Далее следуют стабилизаторы напряжения, собранные по компенсационной схеме с последовательным включением регулирующего транзистора в цепь нагрузки. Принцип действия такого стабилизатора основан на изменении входного напряжения и тока нагрузки так,

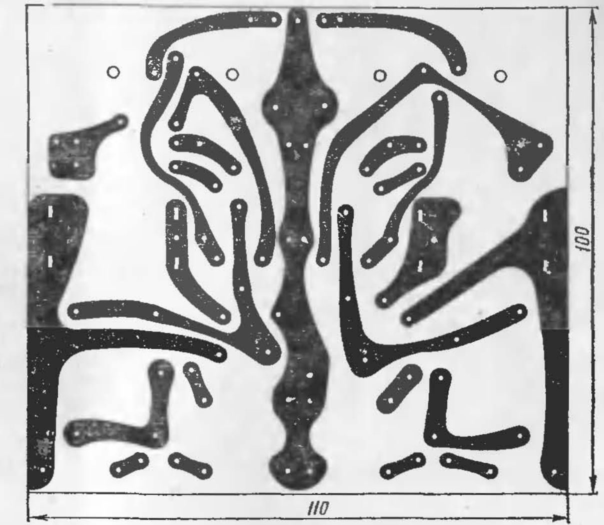
чтобы выходное напряжение оставалось постоянным. Изменение выходного напряжения передается на управляющий транзистор *VT5* через делитель напряжения *R7—R9*. Источником образцового напряжения служит стабилитрон *VD6*. С нагрузки транзистора *VT5* усиленный сигнал подается на электронный ключ, собранный на транзисторах *VT2—VT4*. Изменение сигнала на базе транзистора *VT2* приводит к изменению сопротивления участка эмиттер-коллектор регулирующего транзистора *VT4*, причем знак этого изменения таков, что выходное напряжение возвращается к прежнему значению.

Одним из основных показателей качества работы стабилизатора является стабильность выходного напряжения при изменении тока нагрузки и напряжения питающей сети. Показанное на схеме включение транзисторов *VT2—VT4* обеспечивает большой коэффициент усиления по току (10 000) и большое входное сопротивление при малом сопротивлении нагрузки, что в свою очередь обеспечивает хорошее согласование усилителя напряжения на транзисторе *VT5* со входом эмиттерного повторителя (на транзисторе *VT2*).

Большинство стабилизаторов компенсационного типа имеют коэффициент стабилизации не более 500. Для его увеличения в качестве нагрузки транзистора *VT5* использован стабилизатор тока, собранный на транзисторе *VT1*, стабилитроне *VD5* и резисторах *R1*, *R2*. В итоге коэффициент стабилизации удалось довести до 2000.

Выходные напряжения стабилизаторов регулируют подстроечными резисторами *R8* и *R17*. Конденсаторы *C2* и *C4* уменьшают инерционность стабилизаторов и повышают их устойчивость против самовозбуждения.

Каждое плечо блока содержит быстродействующее устройство защиты от перегрузок и коротких замыканий нагрузки, собранное на оптроне (*U1* и *U2*). Работает оно так. При токе нагрузки, меньшем порогового, регулирующий транзистор (*VT4* или *VT9*) открыт, а оптрон находится в выключенном состоянии, то есть его светодиод почти не излучает света, и фототиристор закрыт. Как только ток нагрузки достигает порогового значения, падение напряжения на резисторах *R5*, *R6* увеличивается настолько, что яркость свечения светодиода оптрона становится достаточной для открывания фототиристора. Положительное напряжение через от-



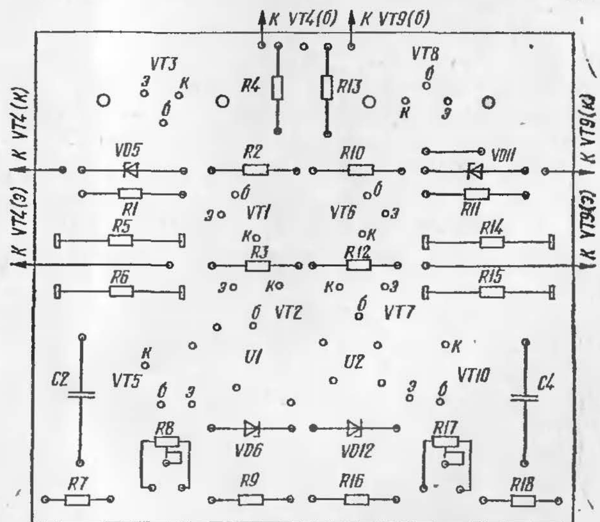


Рис. 2. Печатная плата (*а*) стабилизаторов и расположение деталей на ней (*б*)

крытый фототиристор поступает на базу транзистора *VT2* (*VT7*), и регулирующий транзистор закрывается. После устранения перегрузки стабилизаторы переводят в рабочий режим кратковременным отключением блока от сети.

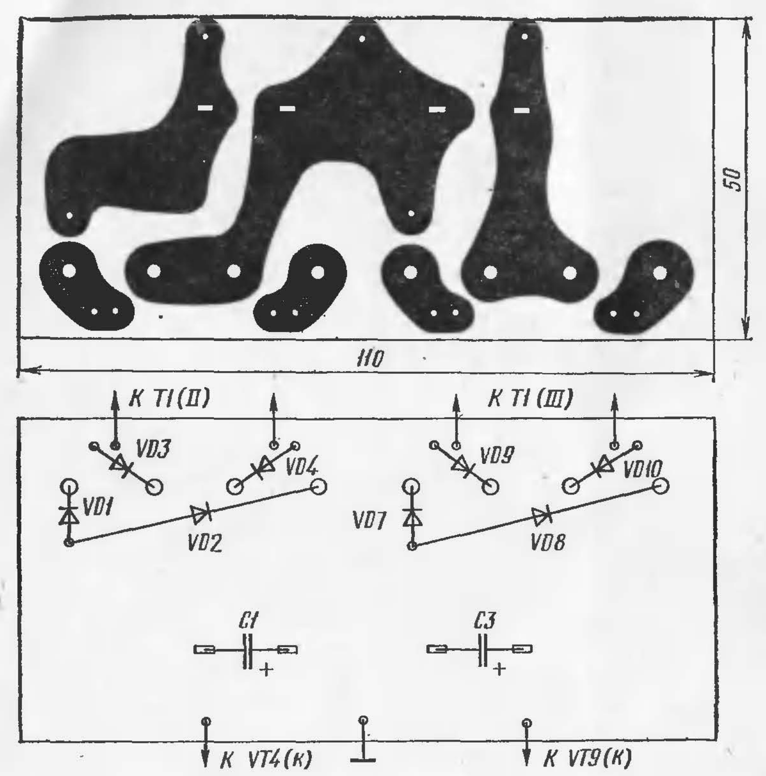


Рис. 3. Печатная плата *(а)* выпрямителей и расположение деталей на ней *(б)*

Детали стабилизатора, за исключением трансформатора питания, конденсаторов *C1* и *C3*, регулирующих транзисторов *VT4, VT9*, смонтированы на печатной плате (рис. 2) из фольгированного стеклотекстолита. Диоды выпрямителя и конденсаторы фильтров размещены на отдельной печатной плате (рис. 3). Регулирующие транзисторы укреплены на черненом игольчатом радиаторе размерами 55×55×35 мм. Платы, трансформатор и регулирующие транзисторы размещают на общей плате (рис. 4), которую затем устанавливают в корпусе питаемой конструкции или вставляют в кожух.

Резисторы *R5, R6, R14, R15* могут быть любого типа (например, С5-16), рассчитанные на мощность рассеяния не менее 2 Вт. Подстроечные резисторы *R8* и *R17* — СПО-0,5 или аналогичные. Конденсаторы *C1* и *C3* — К50-6, *C2* и *C4* — МБМ. Трансформатор выполнен на магнитопроводе Ш30×50. Обмотка *I* содержит 890 витков провода ПЭВ-2 0,52, обмотки *II* и *III* (они намотаны в два провода) — по 100 витков ПЭВ-2 1,35, экранирующая обмотка *IV* (между первичной и вторичными обмотками) — 150 витков ПЭВ-2 0,52.

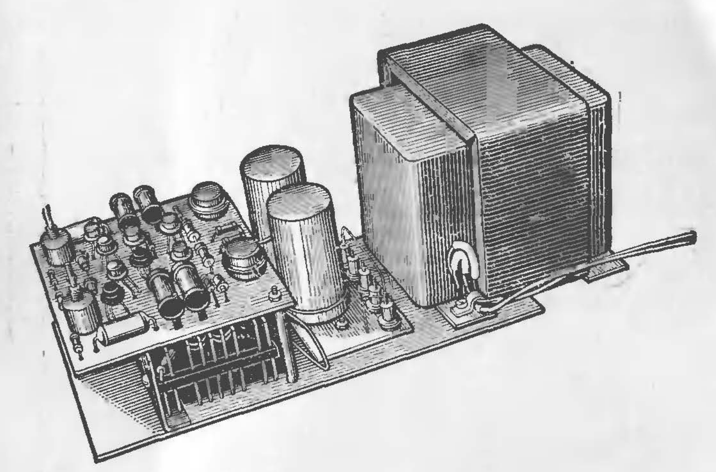


Рис. 4. Размещение узлов и деталей блока питания на общей плате.

Правильно собранный блок налаживания не требует. Ток срабатывания защиты устанавливают подбором резисторов *R5, R6* и *R14, R15*.

О ЗАМЕНЕ ДИОДОВ И ТРАНЗИСТОРОВ

Б. Григорьев

В радиолюбительской литературе публикуются в основном описания устройств, созданных самодеятельными конструкторами. Редко кто из них специально ставит перед собой задачу разработать конструкцию, предназначенную для повторения широким кругом радиолюбителей. Ведь такой подход подразумевает в первую очередь использование элементной базы, доступной для любого радиолюбителя, где бы он ни проживал. А это, в свою очередь, означает необходимость ориентироваться на каталоги посылочной торговли, которая, увы, не балует конструкторов широким выбором диодов, транзисторов и других элементов.

Прежде всего необходимо заметить, что для успешной замены элементов конструкции нужно хорошо представлять принцип ее работы, уметь оценивать предельные характеристики (токи, напряжения и т. д.), которые определяют режимы работы различных узлов. В общем случае дать рекомендации по замене диодов и транзисторов практически невозможно. Здесь подойдет, пожалуй, лишь общее утверждение, что замена заведомо не ухудшит параметров устройства, если заменяющий элемент имеет одновременно лучшие, чем оригинал, характеристики сразу по целому комплексу данных: по предельно допустимым токам и напряжениям, по предельно допустимой рассеиваемой мощности, по частотным и шумовым свойствам и т. д. Найти такую замену крайне трудно, да и обычно в этом нет необходимости. Дело в том, что, ориентируясь на свои возможности, автор конструкции порой использует, если так можно сказать, «слишком хорошие» для данного применения элементы.

При замене диодов в большинстве случаев бывает достаточно оценить воздействующее на диод обратное напряжение (постоянное и/или импульсное), протекающий через него прямой ток (постоянный и/или импульсный), допустимый обратный ток («обратное сопротивление диода») и, наконец, максимальные частоты воздействующих на диод сигналов.

Поясним сказанное на примере одной из конструкций, описанной в этом сборнике (см. рис. 5 в статье А. Евсеева «На базе телефонных аппаратов»).

Источник питания +5 В этой конструкции должен отдавать в нагрузку ток не более 200 мА. Автор применил в выпрямителе диоды Д226Д (*VD26 — VD29*). Как их можно заменить? Прежде всего следует заметить, что на диоды выпрямителя, если он собран по мостовой схеме, воздействует обратное напряжение $1{,}5U_0$, где U_0 — эффективное значение напряжения на обмотке III сетевого трансформатора *T1*. Поскольку $U_0 \approx 7$ В, то здесь можно использовать любые диоды, имеющие максимально допустимое обратное напряжение не менее 10 В и максимально допустимый прямой ток до 200 мА. Иными словами, кроме рекомендованных автором типов диодов (он, естественно, не мог назвать все возможные варианты) подойдут КД105 с любым буквенным индексом, КД106А и многие другие, блоки диодов КЦ402 — КЦ405 с любым буквенным индексом и т. д.

Диоды, шунтирующие обмотки реле (*VD21 — VD25, VD38, VD39*), предназначены для защиты транзисторов от пробоя из-за э. д. с. самоиндукции, возникающей при обесточивании обмотки реле. Они должны иметь максимально допустимое обратное напряжение не менее 25 В (напряжение источника питания этой части конструкции). Что касается прямого тока, протекающего через диод, то его оценить трудно. Он определяется как параметрами собственно реле (индуктивность его обмотки, ее сопротивление постоянному току), током через обмотку реле и прямым сопротивлением диода. Можно лишь заметить, что здесь лучше применять диоды, допускающие значительный импульсный прямой ток (по крайней мере, десятки миллиампер). Как и в предыдущем случае, вариантов замены очень много. Не следует использовать только Д9Б — у него максимально допустимое обратное напряжение составляет всего 10 В.

Как для диодов в источнике питания, так и для диодов, шунтирующих обмотки реле, частотные свойства не являются существенными. Из этого, в частности, следует, что для шунтирования обмоток реле можно использовать «силовые» диоды серий Д7, Д226 и т. д.

Еще один пример из той же статьи (см. рис. 1). Здесь мы имеем однополупериодный выпрямитель, для которого обратное напряжение, воздействующее на диод, определяется по формуле $3U_0$. Поскольку $U_0 \approx 10$ В, то диод выпрямителя должен иметь максимально допустимое обратное напряжение не менее 30 В. Как и в предыдущем случае, для выпрямителя подойдут многие типы диодов (потребляемый ток небольшой — около десятка миллиампер). Однако и здесь нельзя использовать диоды Д2 и Д9 с индексом «Б» — у них, напомним, обратное напряжение не должно превышать 10 В. Вполне возможно, что устройство будет работать и с этими диодами, поскольку, как правило, элементы имеют определенный «запас прочности». Однако надежность конструкции в целом будет невысокой.

Такой параметр диода, как обратный ток, существенен лишь в тех случаях, когда диод должен надежно развязывать элементы устройства в «закрытом» состоянии. Примером может служить пиковый вольтметр (в последнее время все чаще используется в индикаторах уровня записи магнитофонов) — «обратное сопротивление» диода может существенно влиять на постоянную времени цепи разрядки.

Прямое падение напряжения на диоде важно в основном, когда он используется как элемент стабилизации низкого напряжения (0,5...2 В). Как известно, для кремниевых диодов оно лежит обычно в пределах 0,5...1,0 В, а у германиевых составляет всего лишь доли вольта. В данном случае заменять кремниевые диоды на германиевые (удовлетворяющие по всем остальным параметрам), разумеется, нельзя.

В выпрямителях на величину прямого падения напряжения на диоде уменьшается выходное напряжение, поэтому замена кремниевых диодов на германиевые вполне допустима. Более того, в определенных ситуациях она может оказаться даже целесообразной. Так, стабилизаторы напряжения для надежной работы регулирующего транзистора требуют вполне определенной разности входных и выходных напряжений. Если используемый радиолюбителем трансформатор при максимальном токе нагрузки обеспечивает ее на пределе, то несколько повысить надежность работы устройства (не перематывая трансформатор) можно именно заменой в выпрямителе кремниевых диодов на германиевые.

Подбор заменяющих транзисторов более сложен из-за большего числа параметров, по которым он производится. Но схема анализа возможных вариантов остается прежней. Начинают с оценки действующих в узлах устройства токов и напряжений. Максимально допустимое напряжение коллектор-эмиттер транзистора должно быть больше, чем максимальное (с учетом переменной составляющей) напряжение, действующее на этом участке. Так, для транзисторов *VT3* — *VT8*, управляющих работой реле (см. рис. 5 в уже упоминавшейся статье А. Евсеева), оно составляет примерно 25 В — напряжение источника питания минус падение напряжения на открытом транзисторе (обычно около 1 В). По этой причине, в частности, нецелесообразно использовать в качестве *VT7* транзисторы КТ203 с любым буквенным индексом. Дело в том, что у транзистора КТ203В максимально допустимое напряжение коллектор-эмиттер всего 15 В, т. е. здесь можно применить только КТ203А или КТ203Б.

Для источника питания напряжением +25 В критичной по этому параметру будет замена транзистора *VT10*. В рабочем режиме напряжение коллектор-эмиттер невелико (примерно 10 В), но при случайных замыканиях к этим выводам будет приложено полное напряжение выпрямителя (до 35 В!). В результате транзистор, если у него максимально допустимое напряжение коллектор-эмиттер ниже 35 В, может выйти из строя не из-за перегрева, а из-за пробоя. И опять замена КТ815Б, использованного автором, на КТ815 или КТ817 с любым буквенным индексом нецелесообразна. У транзисторов КТ815А и КТ817А этот параметр составляет всего 25 В, и с этими транзисторами надежность устройства понизится. Правда, если избежать коротких замыканий (обычно это имеет место только в процессе налаживания устройства), то подобная замена вполне оправдана.

В узлах, где имеется значительная переменная составляющая, ее необходимо учитывать при выборе транзистора. Примером могут служить предоконечные и двухтактные каскады усилителей звуковой частоты. Постоянное напряжение, приложенное между коллекторами и эмиттерами транзисторов в этих каскадах, составляет половину напряжения источника питания (при однополярном питании). Однако здесь действует переменное напряжение с амплитудой, близкой к половине напряжения источника. Таким образом, реально напряжение коллектор-эмиттер в данном случае изменяется практически от нуля до полного напряжения источника питания. Естественно, что транзисторы в оконечном и предоконечном каскаде должны иметь соответствующее максимально допустимое напряжение коллектор-эмиттер.

Оценив возможность замены на имеющийся у радиолюбителя транзистор по данному параметру, следует аналогичным образом проверить, проходит ли он по максимально допустимому току коллектора и по мощности, рассеиваемой на коллекторе.

Во многих случаях критичным может оказаться выбор транзистора по статическому коэффициенту передачи тока. Так, в простейшем стабилизаторе напряжения на транзисторе *VT9* (см. опять же рис. 5 в статье А. Евсеева) потребляемый ток достигает 200 мА. Ток в базовой цепи будет меньше (пропорционально статическому коэффициенту передачи тока регулирующего транзистора). В данном случае проблем с заменой не возникает, поскольку практически у всех современных транзисторов этот коэффициент не менее 30.

Это означает, что ток, потребляемый базовой цепью регулирующего транзистора, изменяется в пределах 0...7 мА. Такое изменение легко обеспечивается простейшим параметрическим стабилизатором на стабилитроне *VD34*. Однако при больших потребляемых токах или низкоомных нагрузках (в частности, в усилителях звуковой частоты) значение статического коэффициента передачи тока транзистора может быть уже критичным. В любом случае при замене следует оценить, обеспечивают ли предшествующие каскады необходимый ток в нагрузке (по постоянной и/или переменной составляющим) при минимально допустимом значении этого коэффициента.

И наконец, необходимо проверить, проходит ли заменяющий транзистор по частотным характеристикам. Здесь следует заметить, что в настоящее время даже в низкочастотных узлах широко применяют высокочастотные транзисторы (особенно в маломощных каскадах) — из-за их доступности. Поэтому порой вполне возможна замена и на транзисторы с более низкой граничной частотой, чем те, которые использовал автор конструкции.

СОДЕРЖАНИЕ

Научно-популярное издание

В ПОМОЩЬ РАДИОЛЮБИТЕЛЮ

Выпуск 96

Составитель *Борис Сергеевич Иванов*

Заведующий редакцией *А. В. Куценко*
Редактор *М. Е. Орехова*
Художник *В. А. Клочков*
Художественный редактор *Т. А. Хитрова*
Технический редактор *Е. В. Дмитриева*
Корректор *И. С. Судзиловская*

ИБ № 2034

Сдано в набор 27.02.86. Подписано в печать 15.10.86. Г 94070. Формат $84 \times 108^1/_{32}$. Бумага типографская № 3. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. п. л. 4,2. Усл. кр.-отт. 4,51. Уч.-изд. л. 3,94. Тираж 1 200 000 экз. Заказ № 6—2116. Цена 30 к. Изд. № 2/г—398.

Ордена «Знак Почета» Издательство ДОСААФ СССР.
129110. Москва, Олимпийский просп., 22.

Головное предприятие республиканского производственного объединения «Полиграфкнига», 252057, Киев, ул. Довженко, 3.